

Ville Manninen

**RFID-POHJAISEN NÄYTESEURANTAJÄRJESTELMÄN
SUUNNITTELU LABORATORIOON.**

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Kesäkuu 2012



TIIVISTELMÄ

Yksikkö Tekniikan ja liiketalouden yksikkö	Aika Kesäkuu 2012	Tekijä Ville Manninen
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi RFID-pohjaisen näyteseurantajärjestelmän suunnittelu laboratorioon		
Työn ohjaaja Mikko Mäki-Petäjä		Sivumäärä 77
Työelämäohjaaja Matias Paloranta		
<p>Tämä RFID-tekniikkaa käsittelevä opinnäytetyö tehtiin OMG Kokkola Chemicals Oy:n toimeksiannosta. Tarve opinnäytetyölle tuli tarkempien näytteenottoaikojen seuraamiseksi. RFID-tekniikka-nimitystä käytetään radiotaajuudella toimivista etätunnistustekniikoista.</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli suunnitella tehdas ympäristöön näytteenseurantajärjestelmä. Työssä tutkittiin erilaisten RFID-tekniikoiden tarjoamia vaihtoehtoja ja niiden soveltuvuutta vaativiin kenttäolosuhteisiin.</p> <p>Työssä suoritettiin myös pilottitestiohjelma, jossa selvitettiin laitteiston toimivuus kentällä sekä ohjelmiston käyttö ja toiminta. RFID-laitteet välittävät tiedot tehtaalla käytössä olevaan SAP-tietokantajärjestelmään.</p>		
Asiasanat RFID, etälukeminen, viivakoodi, tietokanta, seuranta		

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date June 2012	Author Ville Manninen
Degree programme Automation technology		
Name of thesis Designing an RFID-based sample monitoring system for a laboratory		
Instructor Mikko Mäki-Petäjä		Pages 77
Supervisor Matias Paloranta		
<p>This thesis about RFID technology was commissioned by OMG Kokkola Chemicals Ltd. The objective of this thesis was to develop more accurate results of reporting the sample time. RFID technology is used for remote identification technologies which use radio frequencies.</p> <p>The aim of the thesis was to design a sample tracking system for a factory environment. The different options offered by various RFID technologies and their suitability for demanding field conditions were investigated.</p> <p>A pilot testprogram was also carried out, which examined the functionality of the equipment in the field and the usage and operation of the software. RFID devices transfer data to the SAP database system which is used in factory.</p>		
Keywords Barcode, database, RFID, remote reading, tracking		

LYHENTEET

API	Application Programming Interface, ohjelmointirajapinta, jonka avulla ohjelmat kommunikoivat keskenään
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, 7-bittinen amerikanenglannissa käytössä oleva merkitö, joka sisältää kirjaimet, numerot sekä joitain ohjauskoodeja
Bluetooth	avoin standardi laitteiden välisessä lähietäisyydellä tapahtuvassa langattomassa kommunikoinnissa
DEC	desimaali eli kymmenjärjestelmän luku, jonka avulla merkitään reaalilukuja
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only memory, haihtumaton puolijohdemuisti, joka voidaan kirjoittaa kokonaan yli ilman erillistä tyhjennystä
EPC	Electronic Product Code sähköinen tuotekoodi
GLS	Global Locating Systems mikä tahansa laite tai järjestelmä, joka toimii satelliitin avulla
HEX	heksadesimaali, numerojärjestelmä, jonka kantaluku on 16 Numeroiden merkitsemiseen käytetään lukuja 0–9 ja numerosta 10–15 käytetään merkintää A–F
HF	High Frequencies, korkeat taajuudet, taajuusalue välillä 3–30 MHz.
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen elektroniikkaan erikoistunut standardiorganisaatio

ISO	International Organisation for Standardisation, kansainvälinen standardointiorganisaatio
ISM	Industrial-Science-Medical- eli ISM-taajuusalueet, kaikkien vapaasti käytössä olevat taajuusalueet
LF	Low Frequencies, matalat taajuudet, taajuusalue välillä 30–300 kHz
PS/2	Personal System/2, väylä, johon voidaan liittää esimerkiksi tietokoneen hiiri tai näppäimistö.
RS-232	Recommended Standard 232, tietokonelaitteissa oleva sarjaportti, jota käytetään tietoliikennöinnissä Data siirtyy asynkronisesti bitti kerrallaan.
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuustunnistustekniikka Tekniikka saa nimensä radioaalloilla tapahtuvasta tiedonsiirrosta.
ROM	Read-Only Memory, tarkoittaa muistityyppiä, joka on vain luettavissa ja joka säilyy vaikka laite sammuisi. Muistissa on yleensä alustava tai jonkinlaisen ohjelman tai käyttöjärjestelmän käynnistävä sovellus.
RTDB	Real Time Database, ABB:n reaaliaikainen prosessinseurantajärjestelmä
RTLS	Real Time Locating Systems, reaaliaikainen seurantajärjestelmä, joka käyttää tunnistamisessa apuna tunnisteelta lukijalle tulevia langattomia signaaleja
SRD	Short Range Devices, lyhyen kantaman langattomat sovellukset, joiden riski tulla häirityksi muista radiolaitteista on matala

UHF	Ultra High Frequency, erittäin korkeat taajuudet, taajuusalue välillä 300 MHz–3 GHz
USB	Universal Serial Bus, sarjaväylätekniikka, jonka avulla voidaan liittää oheislaitteita tietokoneeseen USB on käytössä myös monissa muissa laitteissa

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	3
3 SAATTOMUISTI	5
4 RFID-TEKNIIKAN PERUSTEITA	6
4.1 RFID-tekniikka	6
4.2 RFID:n historia	9
4.3 RFID-järjestelmän toiminta	10
4.4 RFID-tunnisteet	11
4.4.1 Passiiviset tunnisteet	12
4.4.2 Aktiiviset tunnisteet	13
4.4.3 Puoliaktiiviset tunnisteet	13
4.5 RFID-lukijat	14
4.6 Taajuusalueet ja kytkentätavat	15
4.6.1 Induktiivinen kytkentyminen	17
4.6.2 Sähkömagneettinen kytkentyminen	18
4.7 RFID-tekniikan ongelmat	19
4.7.1 Signaalien törmäykset	19
4.7.2 Standardisoinnin puutteet	20
4.7.3 Tietoturva- ja yksityisyysongelmat	21
4.7.4 Muut ongelmat	23
5 NFC	24
5.1 NFC-lukijat	25
5.2 NFC-tunnisteet	26
6 STANDARDIT	28
7 RÄJÄHDYSSVAARALLISET TILAT	33
7.1 Työnantajan velvollisuudet	34
7.1.1 Räjähdyskelpoisten ilmaseosten syntymisen estäminen	34
7.1.2 Räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttymisen estäminen	35
7.2 Työntekijöiden suojaus	35
7.3 Tila- ja laiteluokat	36
7.4 Räjähdyssuojausasiakirja	38
8 KOKEELLINEN OSUUS	40
8.1 Lähtökohtien selvittäminen	41
8.2 Näytteiden kulku	42
8.3 Laitteistovaihtoehtojen selvittäminen	43
8.4 Laitteiston valinta	47
8.4.1 Testatut tunnisteet	51
8.4.2 Testatut lukijat	52
8.5 RFID-järjestelmän integroiminen SAP-rajapintaan	57

8.6 Testiympäristön rakentaminen ja järjestelmän kokeilu	61
8.6.1 Lukijoiden ohjelmiston esittely	63
8.6.2 SAP-transaktio	66
8.6.3 Laitteiden opetus käyttäjille	68
8.7 Järjestelmän laajentaminen muille osastoille	69
8.8 Eri tunnistustekniikoiden käyttö logistiikassa ja varaston hallinnassa	70
 9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	 71
 LÄHTEET	 73

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin kevään 2012 aikana Kokkolassa sijaitsevalle OMG Kokkola Chemicals Oy:lle. Aiheenani oli suunnitella näytteenseurantajärjestelmä hyödyntäen RFID(Radio frequency identificatio) -tekniikkaa. Työssä selvitettiin sovellukseen mahdollista laitteistoa teollisuuden vaatimiin olosuhteisiin, jotka osaltaan rajoittavat joidenkin muiden tekniikoiden käyttämistä. Opinnäytetyön yhtenä tavoitteista oli luoda käyttäjille yksinkertainen ja toimiva kokonaisuus laitteen käyttämiseen. RFID-tekniikan valinta näytteenseurannassa käyttämiseen tehtiin siksi, että se mahdollistaa haluttaessa tiedon tallentamisen ja muokkaamiseen eri vaiheissa.

RFID eli radiotaajuustunnistus kuuluu saattomuistitekniikoihin, ja se on jo jonkin aikaa kilpaillut tunnistamisessa viivakoodien kanssa. RFID on omaksuttu enimmäkseen eri logistisiin toimintoihin, varastohallintaan, valmistusprosessien seurantaan sekä joihinkin pienempiin sovelluksiin. Logistisissa toiminnoissa RFID:n avulla tarkkaillaan toimitusketjun toimintaa sekä tuotteiden kulkua. RFID on erinomainen kehitys viivakoodista, ja omalla alueellaan se on todella toimiva ja tehokkaampi kuin normaali viivakoodi, mutta myös joitain heikkouksia tekniikassa vielä on. RFID ja viivakoodi on kuitenkin otettu useissa sovellutuksissa käyttöön rinnan viivakoodin kanssa, eli voidaan saavuttaa molempien tekniikoiden hyvät puolet ja samalla toisella voidaan kompensoida toisen puutteita tai virheitä. RFID-tekniikan on kauan jo puhuttu syrjäyttävän tavallisen viivakoodin, mutta tätä ei tuskin ole tapahtumassa vielä pitkään aikaa.

Pääasiassa tämän opinnäytetyön toimenkuvaan kuului neuvottelut tehtaan oman henkilöstön kanssa sekä yhteistyö RFID:tä ja viivakoodijärjestelmiä kehittävien yritysten kanssa sopivien vaihtoehtojen selvittämiseksi. Työssä kartoitettiin ensin näytteidenkeruuprosessin kulku, kentällä vallitsevien olosuhteiden selvittäminen ja laitteistovaihtoehtojen ja tekniikoiden selvittäminen. Muutamia laitteita saatiin myös testattavaksi ja päästiin kokeilemaan laitteiden toimintaa. Tehtaalte laboratorio ja yhden olosuhteiltaan vaativimman osaston välille rakennettiin testiympäristö, jossa pystyttiin seuraamaan tunnisteen toimintaa ja kestävyyttä. Järjestelmän tarkoituksena on kerätä eri näytepisteiltä näiden nimi sekä tarkka ajankohta näytteenottohetkestä tunnisteen muistiin paikkakohtaisesti. Lisäksi laboratorio

läpikulkuaikaa saadaan palautettaessa näytteet analysoitavaksi, jolloin tunnisteet vastaanotetaan ja luetaan tunniste uudelleen.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

OMG Kokkola Chemicals Oy on osa OM Groub Inc. konsernia, joka on metallipohjaisten orgaanisten ja epäorgaanisten erikoiskemikaalien, pulvereiden ja metallien tuottaja ja markkinoija. OMG Kokkola on kehittänyt tuotantoprosessejaan ja lisännyt tuotantokapasiteettia sekä tuotevalikoimaa yhtiön koko elinkaaren ajan ja alallaan on jo ollut monen vuoden ajan johtava kobolttituotteiden valmistaja. (OMG Kokkola Chemicals Oy 2011.)

OMG Kokkola Chemicals Oy valmistaa siis erilaisia kobolttituotteita ja niitä ovat

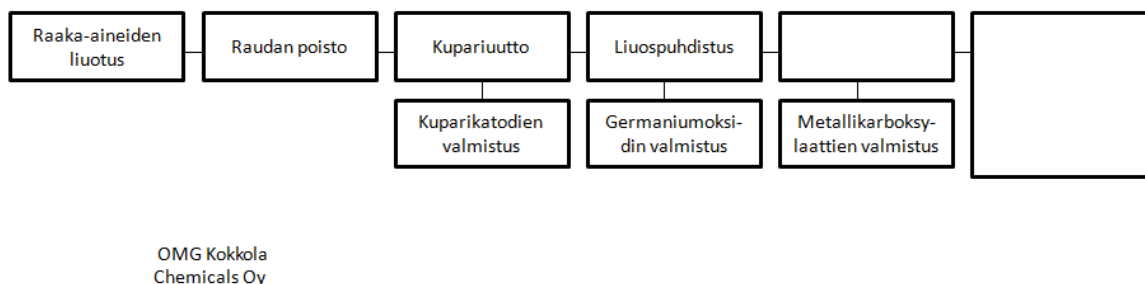
- kobolttihydroksidi
 - kobolttioksidi
 - kobolttikarbonaatti
 - kobolttisulfaatti
 - kobolttiasetaatti
 - kobolttipulveri
 - kobolttihienopulverit
- sekä sivutuotteina tulevat
- germaniumoksidi
 - kuparikatodi

Raaka-aineina käytetään tuotantoprosesseissa, kobolttirikasteiden lisäksi kobolttipitoisia välituotteita sekä Afrikan sähkösulatossa tuotettua metalligranulia. Aiemmin edellä mainittuja kobolttituotteita käytetään hyvin erilaisissa sovelluksissa, kuten akkuteollisuudessa, kovametalliterissä, petrokemian alalla ja monissa muissa sovellutuksissa. (OMG Kokkola Chemicals Oy 2011.)

Prosessin kulku etenee kuviossa 1 esitetyllä tavalla. Prosessi alkaa liuotuksesta, jossa koboltti erotetaan muista raaka-aineen sisältämistä metalleista. Raaka-aineen sisältämä kupari erotetaan koboltista elektrolyysiprosessilla ja saadaan puhdasta kuparia kuparikatodina. Muut arvometallit, kuten germanium ja nikkeli, erotetaan myös ja myydään eteenpäin. Koboltti puhdistetaan uuttoprosessissa, jossa epäpuhtaudet poistetaan ennen lopputuotteiden valmistamista. Lopputuotteet, kobolttikemikaalit ja -pulverit, valmistetaan puhtaasta kobolttiliuoksesta. Kobolttipulverit valmistetaan pelkistämällä koboltti metallipulveriksi ve-

tykaasun avulla. Myös metallikarboksylaatteja valmistetaan tehtaalla. Tuotteiden kehittäminen ja valmistus on olennainen osa kansainvälisillä markkinoilla pysymiseen ja siellä pärjäämiseen. Näihin asioihin panostetaan paljon ja tuotteita pyritään kehittämään ja vastaamaan asiakkaan tarpeita. OMG Kokkola Chemicals Oy tuottaa analyysi- ja testauspalvelut tuotannon, laadunvalvonnan sekä tutkimuksen ja kehityksen tarpeisiin. Pitkälle kehitettyjä nykyaikaisia menetelmiä käytetään laboratoriossa tuotteiden fyysisten ominaisuuksien tutkimiseen ja metallianalytiikkaan. (OMG Kokkola Chemicals Oy 2011.)

OMG Kokkola Chemicals Oy toimittaa tuotteita ympäri maailmaa, kaikkiaan yli 50:een eri maahan. Suurin osa kuljetuksesta tapahtuu autoilla, mutta myös laiva- ja rautatieliikennettä hyödynnetään Amerikan ja Aasian markkinoille. Tehtaan alueella sijaitsee toimiva varasto, josta toimitetaan pääosa tuotteista suoraan Eurooppaan, ja päämarkkina-alueilla on maailmalla myös omat välivarastot. (OMG Kokkola Chemicals Oy 2011.)



KUVIO 1. OMG Kokkola Chemicals Oy:n prosessikaavio (OMG Kokkola Chemicals Oy 2011.)

3 SAATTOMUISTI

Saattomuistilla tarkoitetaan RFID-tunnistetta, joka tunnetaan myös tagina. Saattomuisti on joko aktiivinen tai passiivinen tunnistee, jonka rakenne koostuu prosessorista ja antennista. Aktiivisessa tagissa näiden lisäksi näissä on myös virtalähde. Tunnistee kiinnitetetään haluttuun kohteeseen, ja se kantaa mukanaan tietoja haluttuun kappaleeseen liittyen. Tunnistetta voidaan sekä lukea että kirjoittaa tunnistetyypin mukaan. (RFID Lab Finland ry 2011b.)

Saattomuisteja on olemassa erimuotoisia ja kokoisia käyttötarkoitusten ja ominaisuuksien mukaan. Pienimmät saattomuistit voivat olla riisijyvän kokoisia ja muotoisia, ja yleisimmät ovat kolikon muotoisia, 1–2 cm korkeita kovamuovilla päällystettyjä tunnisteeita. Muistit voivat suurimmillaan olla tulitikkuaakin kokoisia, ja litteimmät ovat tarroja eli ns. ”smart label” -tunnisteeita. Saattomuistit ovat yleensä todella kestäviä, ja ne kestävät erilaisissa olosuhteissa. Tunnisteet voidaan kiinnittää joko tarralla, niissä olevan kiinnityspaikan avulla tai upottamalla. (Ekström, 2001, 1.)

Saattomuistit voidaan jakaa kahteen ryhmään, aktiivisiin ja passiivisiin. Aktiivinen saattomuisti ottaa toimintaansa tarvittavan tehon pienoisakusta, ja näin ollen aktiivisella saattomuistilla saavutetaan pitempi lukuikäisyys. Akku voidaan koteloinnin mukaan myös vaihtaa. Teoreettinen ikä akun toiminnalle on n. 10 vuotta, mutta todellisuudessa akun kesto on riippuvainen käyttötiheydestä. Passiivinen saattomuisti saa tehonsa lukijalaitteelta tulevasta heräteviestistä, ja tällä teholla saattomuisti vastaavasti pystyy lähettämään tiedot lukijalaitteelle. (Ekström, 2001, 1.)

4 RFID-TEKNIIKAN PERUSTEITA

Tässä luvussa on käsitelty RFID-tekniikan peruselementtejä kokonaiskuvan luomiseksi. Luvussa käydään läpi RFID:n historiaa, laitteistokokoonpanoa, järjestelmän toimintaperiaate, taajuusalueet sekä kytkentätavat lähi- ja kaukokentässä, RFID-tekniikan mukanaan tuomia ongelmia sekä monia muita asioita.

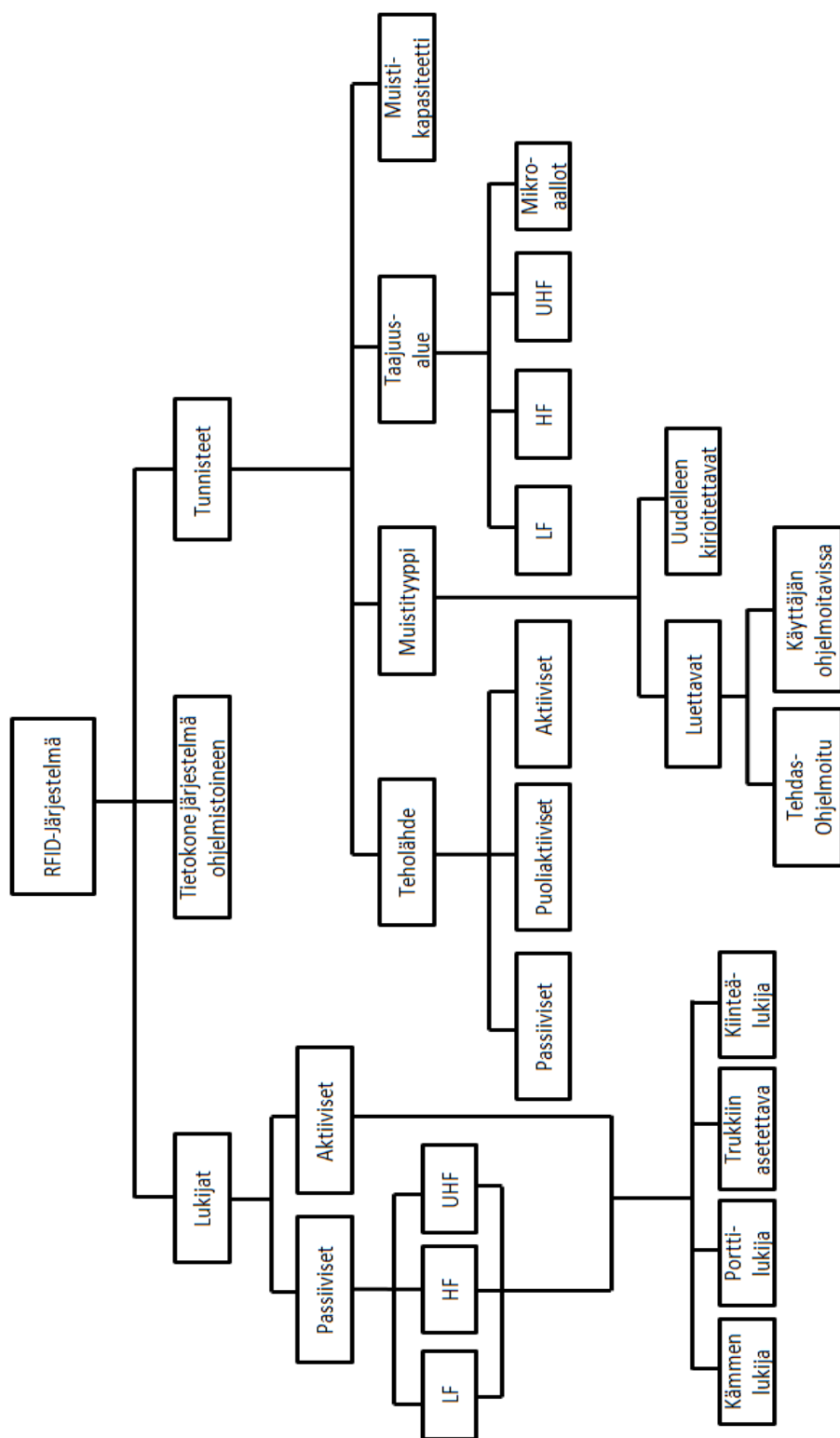
4.1 RFID-tekniikka

RFID-nimitystä käytetään yleisesti radiotaajuuksilla toimivista tekniikoista, joita käytetään tuotteiden tai asioiden tunnistamiseen, havainnointiin tai yksilöintiin. RFID-tekniikkaa on käytössä esimerkiksi kulunvalvonnassa käytettävissä kulkukorteissa sekä eläinten merkin-
nässä. (RFID-Lab finland ry 2011.) RFID kuuluu automaattisiin tunnistustekniikoihin (auto-ID), ja RFID-menetelmän lisäksi näihin lukeutuvat myös viivakoodit, optiset tunnistet
sekä biometriset tunnistet, kuten silmän verkkokalvon scanneri. Näistä menetelmistä osassa kuitenkin tarvitaan henkilö suorittamaan tunnisteen lukeminen, kun taas RFID-
tekniikassa tunniste kommunikoi langattomasti ilman suoraa näkökontaktia lukijan kanssa ja tämä lähettää tiedot tietokoneelle. (RFID-Journal, 2010c.)

RFID-teknologia perustuu tiedon tallentamiseen RFID-tunnisteelle ja sen etälukemiseen RFID-lukijalla radioaaltojen avulla. Radiotaajuustunnistuksessa voidaan tunniste lukea parhaillaan useiden metrien päästä ja vastaavasti sen muistiin voidaan myös kirjoittaa tie-
toa. Merkittäviä etuja ovat useiden tunnisteen yhtäaikaisten lukeminen, tunnisteen yksilöinti sekä tiedon tallentaminen tunnisteelle. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 2.) Kuviossa 2 on esitetty kokonaiskuva RFID-järjestelmän rakenteen muodostumisesta.

Tunnistuksessa lukija lähettää antennin kautta ympärillä sijaitseville tunnisteille signaalin, johon sitten tunnistet vastaavat ja lähettävät tiedot lukijalle. Kun tunniste vastaanottaa lukijalta tulevan signaalin, se hakee tagissa sijaitsevalta mikrosirulta tarvittavat tiedot ja lähettää ne oman antenninsa kautta lukijalaitteelle. Lukija vastaanottaa tämän jälkeen tun-
nisteen lähettämät tiedot ja lukija näiden perusteella tunnistaa kyseisen tunnisteen. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 8.)

Tunnisteen tiedot vaihtelevat tunnistetyypin mukaan, se voi olla tehtaalla valmiiksi ohjelmoitu ja pitää sisällään tunnistetiedon, tai se voi olla uudelleen kirjoitettava, jolloin sinne voidaan tallentaa jokin haluttu tieto tunnistetiedon lisäksi (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 8). Muistikapasiteetti vaihtelee tagin fyysisen koon, mukaan ja pienimmät muistit ovat 128 tavun kokoisia, kun taas suurimmat voivat olla jopa 8 kilotavua. Tällaisia suuren muistin omaavia muisteja käytetäänkin muun muassa elokuvateollisuudessa, jossa seurataan kuvattujen elokuvien videonauhoja. Tunnisteelle pystytään tallentamaan kuvaus kyseisestä elokuvasta, kuvauspäivä ja -paikka ja niin edelleen. (Dressen 2004.)



KUVIO 2. RFID-järjestelmän rakenne

4.2 RFID:n historia

RFID-tunnisteiden käyttö sijoittuu aina toisen maailmasodan taisteluihin noin 70 vuoden päähän. Eri maat käyttivät kaikki jo tutkajärjestelmää lentokoneiden havaitsemiseen, mutta ongelmana oli omien tukikohtaan palaavien lentokoneiden erottaminen viholliskoneista. Saksalaiset huomasivat, että kun lentäjä siirsi konetta palattuaan tukikohtaan, se muutti heijastuvaa radiosignaalia. Tällä menetelmällä voitiin tutkaa tarkkailevia henkilöitä varoittaa, että laskeutuneet koneet olivat saksalaisten eikä liittolaisten. Tätä voidaan pitää ensimmäisenä passivisena RFID-järjestelmänä. (RFID Journal 2010a.)

Mario W. Cardullon on väitetty olevan ensimmäinen, joka on patentoinut uudelleen kirjoitettavan aktiivisen RFID-tunnisteen 23.1.1973. Samana vuonna kalifornialainen Charles Walton sai passiivilähettimen patentin ovien lukkoratkaisuihin. Patentti koski nykyaikaisen kortin tapaista kulkukorttia, jolla pääsi kulkemaan ovista ilman avainta. Tämä lisensoitiin lukkoyrityksille ja muille yhtiöille. (RFID Journal 2010a.)

Vuonna 1970 myös Amerikan valtio työsti omaa projektiaan ydinaineiden jäljitykseen. Työtä tehtiin Los Alamosin kansallisessa laboratoriossa. Tiedemiehet suunnittelivat nykyisin paljon käytettyä porttisovellusta, jossa aineita kuljettava trukki ajaa portin läpi ja lukijalle siirtyy tieto ajoneuvon tunnuksesta ja mahdollisesti myös kuljettajasta. Nykyisin käytetään vastaavaa teillä, silloilla ja tunneleissa tiemaksujen keräämiseen. (RFID Journal 2010a.)

Passiivisia tunnisteita alettiin myöhemmin käyttää myös maataloudessa lehmien seuraamiseen. Näin pystyttiin varmistamaan oikeiden lääkeaineiden ja -määrien saanti, ettei annettu samalle eläimelle kahta annosta. Näissä tunnisteissa käytettiin korkeataajuus lähettimeä (Ultra high frequency, UHF, 860–950 MHz), mutta nämä korvattiin myöhemmässä vaiheessa matalataajuisilla 125 kHz:n tunnisteilla (Low frequency, LF 125–134 kHz), jotta tunnistin saatiin sijoitettua lehmän ihon alle kapselissa. (RFID Journal 2010a.)

Ajan kuluessa ja markkinoiden kasvaessa siirryttiin 125 kHz:n lähettimistä korkeampaan radiotaajuuteen, (High frequency, HF, 13,56 MHz) 13,56 MHz, joka oli säännöstelemätön ja vähän käytetty maailmalla. Korkeamman taajuuden käytön yleistymisen syynä olivat tiedonsiirtonopeuden kasvu sekä suuremmat lukuetaisyydet. Nykyisin tällä taajuudella

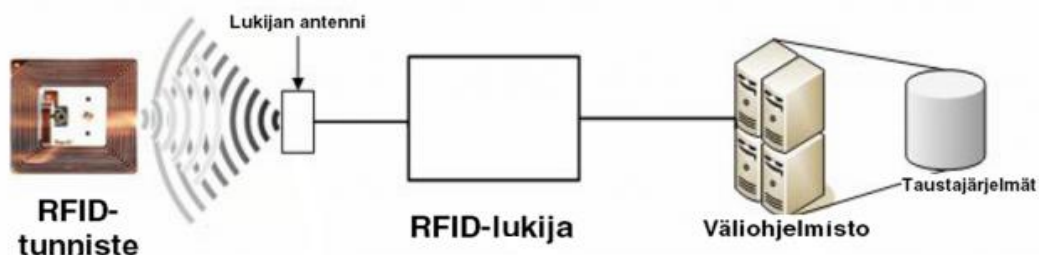
toimivat erilaiset maksupäätteet ja ilman kosketusta toimivat älykortit. (RFID Journal 2010a.)

1990-luvun alussa IBM-yhtiön insinöörit patentoivat RFID-järjestelmän erittäin korkeataajuuksisen tunnisteen, joka tarjosi vielä nopeamman tiedonsiirtonopeuden sekä pidemmät lukuetaisyydet, jopa 3 metriä. 1990-luvun puolessavälissä IBM talousvaikeuksien vuoksi myivät patenttioikeudet viivakoodeja valmistavalle Intermecille. Vuoden 1999 jälkeen RFID-järjestelmä lähti uuteen nousuun, kun tunnisteita alettiin asettaa kaikkiin tuotteisiin. Tunniste piti sisällään vain tuotekoodin, jolloin tunnisteen hinta pystyttiin vastaavasti pitämään alhaisena. Tuotteiden tiedot kerättiin nyt tunnisteen avulla internetiin, ja tuotteiden tilaaja näki, milloin tavarat olivat lähdössä varastolta tai muusta säilytystilasta. (RFID Journal 2010a.)

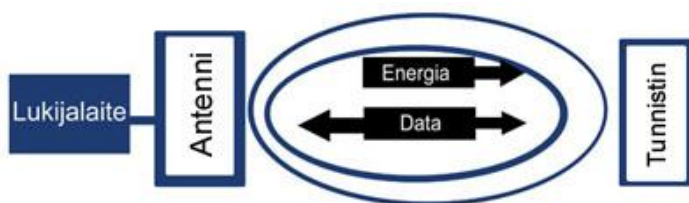
4.3 RFID-järjestelmän toiminta

RFID-järjestelmän oleelliset osat ovat itse RFID-tunniste ja -lukija. Näiden lisäksi tarvitaan kuitenkin tunnisteen kerättävän tiedon muuntamiseksi tietokonejärjestelmä, joka ohjaa lukijalta saadun tiedon RFID-ohjelmalle, joka näyttää käyttäjälle tunnisteen tiedot. (KUVIO 3.) Näin käyttäjä pystyy tietokoneelta tarkkailemaan kaikkien tunnisteen tietojen siirtymisen tietokoneelle. (RFID Centre 2011.)

Järjestelmä toimii radioaalloilla tapahtuvalla kommunikoinnilla, eli RFID-lukija pystyy lukemaan tunnisteen ilman näköyhteyttä (RFID Centre 2011). Lukija lähettää tunnisteen elektromagneettisia aaltoja, jotka muodostavat magneettikentän niiden kohdatessa tunnisteen antennin. Passiivinen tunniste ottaa toiminnalleen virran tästä magneettikentästä ja näin antaa virtaa piirin mikrosirulle. Mikrosiru vastaavasti moduloi vastaanotetut aallot, ja tunniste lähettää ne takaisin lukulaitteelle. Lopuksi lukulaite muuntaa vastaanotetut uudet aallot digitaalseksi muodoksi. (KUVIO 4.) Vastaavasti aktiivisella tunnisteen on piirillä akku, joka antaa tunnisteen mikrosirulle virran, ja näin aktiivinen tunniste voi kommunikoida pidemmällä kantomatalla lukulaitteen kanssa kuin passiivinen tunniste. (Sareskoski 2011.)



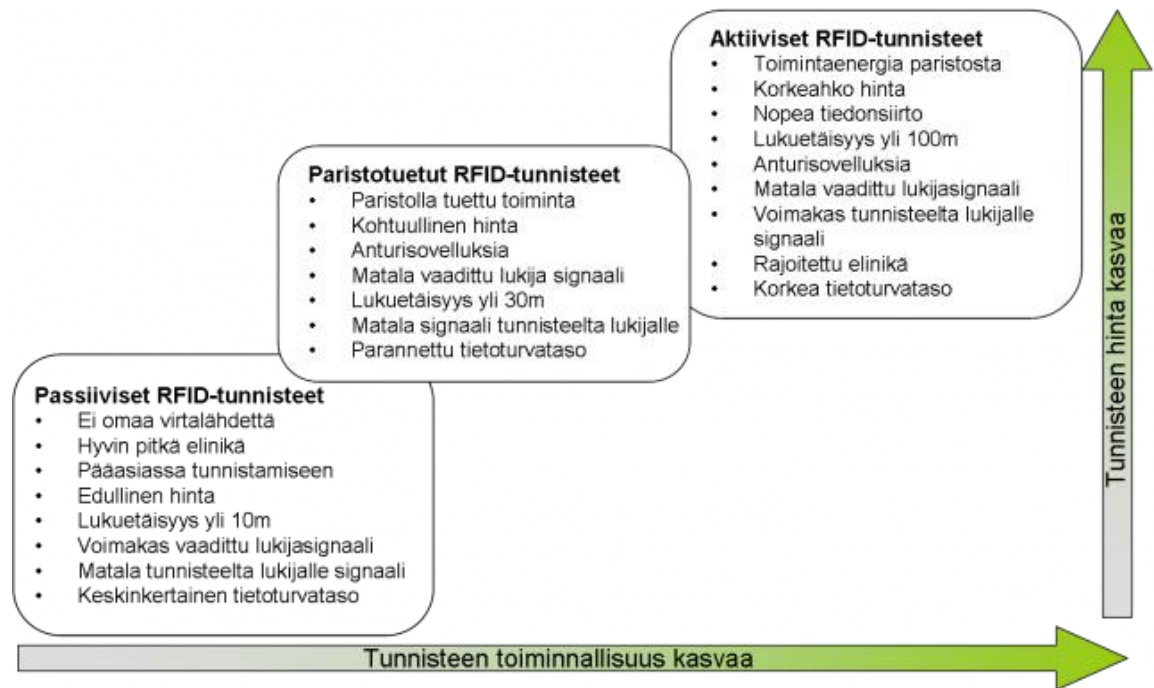
KUVIO 3. RFID-järjestelmän perusrakenne (RFID Lab Finland ry 2011b)



KUVIO 4. Luku-/kirjoitusprosessi (Tamtron Solutions Oy, 2011)

4.4 RFID-tunnisteet

RFID-tunnisteet voidaan jakaa kahteen omaan ryhmäänsä niiden ominaisuuksiensa perusteella. Ne voidaan jakaa omiin ryhmiinsä fyysisten ja teknisten ominaisuuksiensa perusteella. Fyysisiä ominaisuuksia ovat muun muassa tagin koko ja taajuus, teknisiä puolestaan muistin koko, luettavuus/kirjoitettavuus sekä aktiivisuus/passiivisuus. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 8.) Yleisesti tunnisteet voidaan kuitenkin jakaa myös pelkästään aktiivisiin ja passiivisiin ryhmiin, mikä näkyy kuviossa 2 (s.6). (RFID Journal 2010). Kuviossa 5 on esitetty eri tunnistetyyppien toiminnallisuutta ja tunnisteilla saavutettavia etuja.



KUVIO 5. Eri tunnistetyyppien toiminnallisuus (RFID Lab Finland ry 2011b)

4.4.1 Passiiviset tunnistet

Passiivisilla tunnisteeilla ei ole tunnisteesaan erillistä lähetintä, vaan ne heijastavat lukijalta saamansa signaalin takaisin. Matalan (LF) ja korkean (HF) taajuuden alueilla lähikentässä tapahtuvassa kommunikoinnissa tunniste ja lukija muodostavat keskenään induktiivisen kytkennän. (RFID Lab Finland ry 2011b.) Lukija lähettää tunnisteele antennin kautta heikon radiosignaalin, josta tunniste ottaa toiminnalleen käyttövirtansa. Tunniste on vuorovaikutuksessa lukijan kanssa ja vaihtaa dataa sekä tunnistetiedot. Passiivitunnistet voivat lähettää tietoa lyhyellä etäisyydellä, normaalisti muutamasta sentistä 3 metrin matkalla antennin koon mukaan. Aktiivitunnisteeihin verrattuna passiivitunnisteeilla on pienempi muistikapasiteetti mutta ne ovat myös halvempia hankkia ja näin soveltuvat paremmin halpojen tuotteiden seurantaan. (RFID Centre, 2011.) Amerikasta tuttu kauppakeskus Walmart ja Britannian Tescon käyttämät tagit maksavat noin 8 senttiä kappale, ja se on hinnanpuolesta muodostunut niille standardin omaiseksi käyttää. Antennin koko vaikuttaa oleellisesti tagin kokoon, ja se vaihtelee postimerkistä postikortin kokoiseen. (RFIDEA 2006.) Passiivisten tunnisteen etuihin voidaan lukea niiden yksinkertainen rakenne, jolla vähentää huomattavasti valmistuskustannuksia, ja koska ne eivät sisällä minkäänlaista ak-

kujärjestelmää, niiden elinikää on tämän vuoksi vaikea määritellä. Haittoina voidaan sanoa tagin lyhyt kantomata luku- ja kirjoitustilanteissa, tunnisteele lisättävät lisäanturoinnit puuttuvan virtalähteen takia sekä tietosuojapuutteet lisävirran takia. Tästä syystä tunnistetta on mahdollista operoida vuosienkin jälkeen ja päästä käsiksi arkoihin tietoihin. (Radio-Electronics.com 2011.)

4.4.2 Aktiiviset tunnistet

Aktiivitunnistet ovat sisäisellä virtalähteellä varustettuja, ja näin ne kykenevät viestimään pitkällä matkoilla. Ne muodostavat sen avulla voimakkaan signaalin, ja tunnistet pystyvät viestimään jopa yli sadan metrin matkalla. Niiden muodostaman voimakkaan kentän ansiosta ne voivat viestiä myös nesteiden tai metallien läpi. Aktiivitunnistet toimivat UHF- ja mikroaalto-alueella, ja niiden käytössä olevat toimintataajuuudet ovat 433 MHz ja 2.4 GHz. (Radio-Electronics.com 2011.)

Aktiivitunnisteiden hinnat voivat olla kymmenkertaisia passiivitunnisteihin verrattuna ja näin ollen soveltuvat enemmän arvokkaiden kohteiden, kuten autojen ja laivakonttien, seurantaan. Akun kestoikää voidaan luvata näille tunnisteeille lähes 10 vuotta. Joihinkin aktiivitunnisteihin on myös mahdollista liittää anturointi, ja tällaisia sovelluksia voivat olla muun muassa lämpötilan, säteilyn, värinän ja valon mittaau. (RFID Centre 2011; RFIDEA 2006.) Aktiivisen tunnisteen etuja ovat niiden pitkän matkan kommunikointi lukulaitteen kanssa sekä liitettävyyt lisäanturoinnille. Haittoina on tagin riippuvuus sen akun toiminnasta, koska ilman sitä se ei voi kommunikoida lukulaitteen kanssa. Tämä rajoittaa tunnisteen elinikää. Lisäksi aktiivi tunniste on kallis valmistaa ja tunniste on myös passiivitunnistetta rakenteeltaan suurempi. (Radio-Electronics.com 2011.)

4.4.3 Puoliaktiiviset tunnistet

Puoliaktiiviset tunnistet ovat paljolti samankaltaisia passiivisten tunnisteen kanssa. Eroa näihin on puoliaktiivitunnisteen piirillä sijaitseva paristo, jolla on varmistettu piirin toiminta. Tunnisteella oleva paristo pitää piirillä jatkuvan tehon, jolloin piirin antennin suunnittelussa ei tarvitse huomioida tehon ottamista tulevasta signaalista, vaan voidaan keskit-

tyä siroavan signaalin vastaanottamiseen. Tämän vuoksi nämä tunnisteet ovat nopeampia vastaamaan signaaliin, mutta kuitenkin niihin ei voi luottaa niin paljoa kuin aktiivisiin. Puoliaktiiviset tunnisteet sopivatkin paremmin vaikeisiin olosuhteisiin, joissa on metalleja tai nesteitä, jotka taas hajottavat signaalia. Lisää varmuutta lukemiseen tuo piirillä oleva paristovarmennus. (RFIDEA 2006.)

4.5 RFID-lukijat

RFID-lukijoita on saatavana markkinoilla useita eri malleja, joko tunnisteiden lukemiseen tai niiden lukemiseen ja niille kirjoittamiseen. Lukijalaitteet jakautuvat myös tunnisteiden tavalla taajuuden mukaan, aktiivi- ja passiivilukijoihin sekä vielä rakenteeltaan kiinteisiin ja kannettaviin. RFID-lukijan rakenne koostuu antennista, mikrosirusta, muistista sekä yleensä jonkinlaisesta käyttöliittymästä tai sovellusohjelmasta. RFID-lukijoilla kerätään tai tallennetaan tieto tunnisteelle. (RFIDReader.com 2011.)

Kiinteät lukijat ovat hyviä esimerkiksi kulunvalvontaan, jota laajalti käytetään yrityksissä työntekijöiden tuntileimaukseen ja töissä käymisen seuraamiseksi. Käsilukijan suurin etu on sen liikuteltavuus. Jos tunnisteita luetaan tai kirjoitetaan useassa eri paikassa, voidaan säästää lukupäätteiden investoinnissa sekä niiden tarvitsemisissä muissa laitehankinnoissa. Kiinteään lukulaitteeseen tarvitaan itse luku- tai kirjoituspään lisäksi jokin tietokone tai logiikka hoitamaan kirjoituspään äly. Lisäksi säästetään näiden laitteiden johdotuksissa sekä huollossa, jos valitaan käsilukija. Kiinteiden porttilukijoiden etu on varsinkin logistiikassa suuren tavaramäärän samanaikainen lukeminen ja tallennus järjestelmään, esimerkiksi varastosta lähtevien tuotteiden seuranta siirrettäessä ne ovenssa olevan porttilukijan läpi kuorma-autoon. (RFIDReader.com 2011; X-Check 2010.)

Passiivilukija antaa tunnisteelle toimintaan tarvittavan energian, ja tunnistelähtee lähettää sen sisältämän tiedon takaisinsirontana lukijalaitteelle. Aktiivisella lukijalla on mahdollista saavuttaa pitkä lukuetaisyys, koska tunnisteessa itsessään on sisäinen teholähde, jota se käyttää tiedonsiirtoon. Näiden ominaisuuksien lisäksi lukuetaisyyteen vaikuttaa tunnistelähteen käytettävä taajuusalue, eli jos valitaan matalataajuinen tunnistelähtee, lukuetaisyys on pieni, ja vastaavasti mikroaaltotunnisteita käytettäessä lukuetaisyys on suuri. Lukuetaisyyteen vaikuttaa myös lukutapahtumassa lukijalaitteen suunta tunnistelähteen eli se millaisesta kulmas-

ta tunniste luetaan. Paras lukuteho saadaan kohtisuorasta, ja mitä enemmän tästä poiketaan, sitä enemmän lukuetaisyys pienenee. (RFIDReader.com 2011; RFID Radar 2011.)

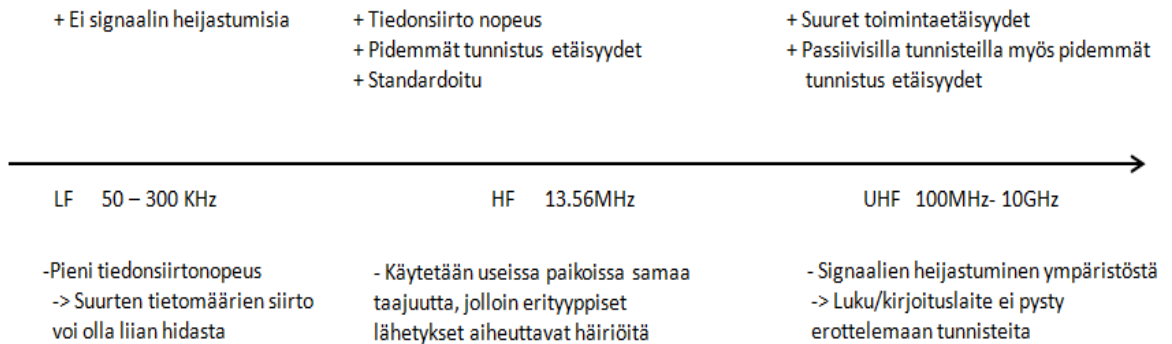
4.6 Taajuusalueet ja kytkentätavat

RFID-tunnisteet lähettävät sähkömagneettisia aaltoja kommunikoidakseen lukijalaitteen kanssa, ja tämän vuoksi RFID-järjestelmä luokitellaan radiojärjestelmäksi. Taajuuksien noudattaminen on tärkeää, ettei toiminta aiheuta häiriöitä varsinaiselle radioliikenteelle, joka toimii omalla taajuusalueella, kuten poliisien ja vartiointiliikkeiden käyttämä radiopuhelinliikenne. RFID-järjestelmää näin ollen käytetään sille erikseen varatuilla taajuusalueilla, joita käytetään teollisuuden ja tieteen sovelluksiin tai lyhyen kantaman laitteilla. Nämä käytetyt taajuusalueet tunnetaan Industrial-Science-Medical (ISM) tai Short Range Devices (SRD) taajuusalueina. (RFID-Handbook 2011a.)

Kytchentätavat määräytyvät vastaavasti käytetyn taajuuden mukaan, eli lähikentässä tapahtuva tiedonsiirto toimii matalilla taajuuksilla induktiivisella kytkentätyyppillä ja kaukokentässä sähkömagneettinen kytkentä korkeilla taajuuksilla. Lähikentässä tunniste saa tarvitsemansa energian induktiivisesti lukijan muodostamasta magneettikentästä, ja kaukokentässä vastaavasti energian- ja tiedonsiirto tapahtuvat sähkömagneettisten aaltojen välityksellä. Lähikentässä tiedonsiirto tapahtuu muuttamalla tunnisteiden kelan kanssa sarjaan kytketyn vastuksen arvoa ajan kuluessa. Tunniste muuttaa resistanssiarvoaan siirrettävän tiedon mukaisesti, ja lukijalaite tulkitsee viestin antenninsa käyttämän virran muutoksesta. Vastaavasti kaukokentässä tiedonsiirto tapahtuu takaisinsirontamenetelmällä. Lukija lähettää tunnisteelle signaalin, jonka antennista osa heijastuu takaisin lukijalle. Ajan kuluessa tunnisteiden impedanssia muutetaan ja heijastuksen voimakkuus vaihtelee, ja näin lukija tulkitsee viestin heijastuksesta. (Kallonen 2006, s.12–13.)

RFID-järjestelmät käyttävät tunnisteissa neljää eri taajuusalueita, jotka ovat LF, HF, UHF sekä mikroaallot. LF-taajuusalueita käytetään sovelluksissa, joissa lukuprosessi tapahtuu hyvin lyhyellä etäisyydellä, ja sovelluksissa, joissa tunniste sijoitetaan lähelle nestemäistä ainetta ja signaalin tulee kulkea aineen läpi. Tällaisesta ovat hyviä esimerkkejä elintarviketeollisuus ja eläintenseuranta. Eläintenseurannassa esimerkiksi lehmän kaulan lähelle rasvakudokseen voidaan laittaa steriili lasikuorinen tunniste ja se voidaan myöhemmin hel-

posti lukea. Käytetty taajuus LF-tunnisteilla ja -lukijoilla on 125 kHz–134 kHz. (Sensor 2011.) Kuviossa 6 on esitelty joitain edellä mainittujen taajuusalueiden hyviä ja huonoja puolia.



KUVIO 6. Tunnisteiden hyviä ja huonoja puolia taajuuden kasvaessa

HF-tunnisteet ovat yleistyneen käytön ansiosta halventuneet, ja nämä tunnisteet ovat sen takia paljon käytettyjä asetettaessa tunnisteita suureen määrään tuotteita. Lisäksi nämä tunnisteet ovat toiminnaltaan huomattavasti nopeampia kuin LF-tunnisteet ja toiminta-alue on pitempi kuin LF-tunnisteilla. Lukuetäisyys ei kuitenkaan ole verrattavissa UHF-tunnisteisiin, sillä HF-tunnisteet yltyvät parhaimmillaan n. 0,5 m:n lukuetäisyyteen. HF-tunnisteille on standardoitu maailmanlaajuisesti 13,56 MHz:n taajuus, ja se lisää sen käytettävyyttä ympäri maailmaa. Näitä tunnisteita käytetäänkin logistiikassa, sairaalapotilailla sekä kirjastokirjoissa. (Pepperl+Fuchs Identification Systems Catalogue 2009.)

UHF-tunnisteet toimivat alueella 865–950 MHz, ja nämä ovat suosittuja varastohallinnassa käytettävissä sovelluksissa. Tämä on käytössä esimerkiksi sovelluksessa, jossa lukijan luomalla kentällä saadaan peitettyä lastauslaiturin oviaukko ja näin luettua siitä kulkevat lavat. UHF-alueella saadaan näistä kolmesta vaihtoehdosta pisin lukuetäisyys, mikä on yksi syy tämän käytön yleistymiseen. (RFID Centre 2009.) UHF-tagin suurin saavutettu etu on sen rakenteessa, mikä mahdollistaa useiden tunnisteiden yhtäaikaista lukemista. Lisäksi se on helpompi valmistaa kuin HF- ja LF-tunnisteet. 915 MHz:n tunnistetta häirit-

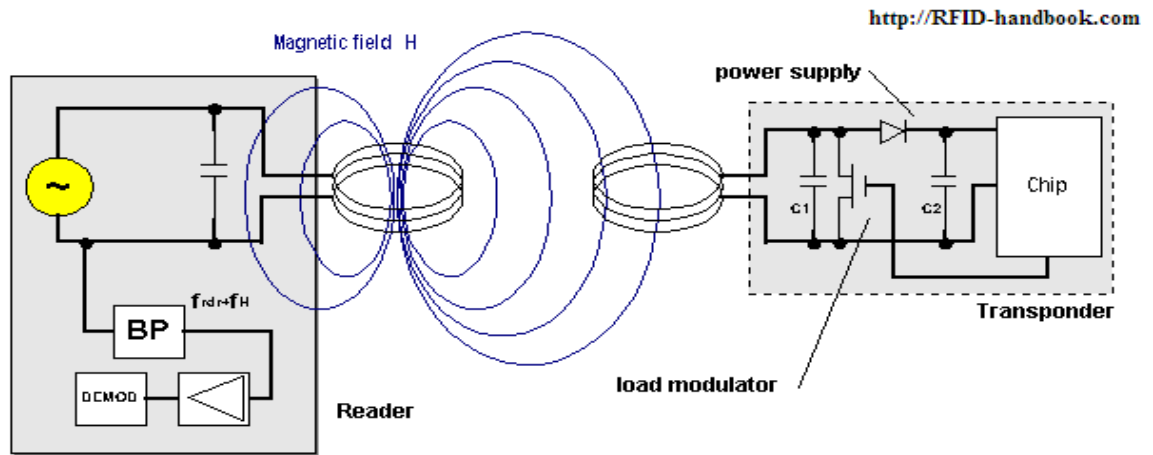
sevät kuitenkin nesteet, jotka eivät päästä lähetettyä signaalia läpi. Tästä on esimerkkinä se että, jos tunnisteeseen laittaa henkilön taskuun, sen tunnistaminen on lähes mahdoton. (RFID.inc 2011.)

Mikroaaltotunnisteita käytetään esimerkiksi tietullien keräämiseen siellä missä tunnistetäisyydet ovat hyvin suuria. Nämä tunnisteet ovat kalliita hankkia, mutta niillä saatava hyöty on myös suuri. Nämä tunnisteet ovat pääasiassa aktiivitunnisteita, eli näissä on akku, josta ne saavat tarvittavan energian toimintaansa sekä lukuetaisyyden saavuttamiseksi. Huonona puolena näissä tunnisteissa pidetään juuri akkua, koska sen toiminta-ajan voidaan sanoa olevan n. 5 v ja myös lyhyempi tunnisteiden lukutiheyden mukaan. Passivitunnisteita voidaan pitää ikuisina, koska ne toimivat lukijan antamalla energialla. (RFID.inc 2011.)

4.6.1 Induktiivinen kytkeytyminen

Induktiivista kytkentää käyttävä tunniste muodostuu mikrosirusta, jossa on data, sekä piirillä sijaitsevasta kelasta, joka muodostaa tunnisteeseen antennin. Lähikentässä tapahtuva tunnistus LF- ja HF-taajuuksilla tapahtuu nimenomaan induktiivisellä kytkeytymisellä. (RFID-Handbook 2011b.)

Nämä induktiivisesti toimivat tunnisteet toimivat melkein aina passiivisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että lukijalaite muodostaa toiminnallaan voimakkaan magneettikentän, joka läpäisee tunnistimen kelan poikkipinta-alan, ja jännite indusoituu tunnistimelle ja saa näin tarvitsemansa käyttöjännitteen. Kondensaattorin C1 ja antennin kelan arvo on asetettu niin, että tunnisteiden värähtelytaajuus on sama kuin lukijan lähettämän signaalin taajuus. Näin ollen antennina toimiva kela saavuttaa suurimman mahdollisen arvon kyseisellä taajuudella. Induktiivisessä kytkennässä toimintaa voidaan verrata muuntajan toimintaan, jossa nyt lukija toimii ensiö- ja tunniste toisiopiirinä. (RFID-Handbook 2011b.) Kuviossa 7 on esitetty kuva toiminnasta, ja siinä näkyvä kondensaattori C1 on asetettu rinnan antennina toimivan kelan kanssa.



KUVIO 7. Induktiivinen kytkeytyminen lukijan ja tunnisteiden välillä (RFID-Handbook 2011b)

4.6.2 Sähkömagneettinen kytkeytyminen

Sähkömagneettisessa kytkeytymisessä on kyse sähkömagneettisesta säteilystä, joka heijastuu kappaleesta, jonka koko on puolet käytetystä aallonpituudesta. Jos kappale on resonanssissa käytetyn taajuuden kanssa, se heijastaa säteilyä erittäin hyvin. Edellä kuvailtu sirontateknikka, jota tässä käytetään hyödyksi, on tuttu tutka sovelluksista. (RFID-Handbook 2011b.)

Sähkömagneettinen kytkeytyminen tapahtuu kaukokentässä eli UHF- ja mikroaaltotaajuuksilla. Näitä taajuusalueita käytetään sähkömagneettisessa kytkeytymisessä siksi, että näitä käytettäessä induktiivisessa kytkeytymisessä lukuetaisyys jäisi liian lyhyeksi hyötyyn nähden. Passiivisissa korkeantaajuuden omaavissa tunnisteissa lukuetaisyys jää lyhyeksi, n. 3 metriin tunnisteiden energian takia. Aktiivitunnisteilla lukuetaisyyttä kasvatetaan piirillä sijaitsevan akun avulla, ja lukijan ei näin ollen tarvitse lähettää voimakasta signaalia kuten passiivitunnisteilla. (RFID-Handbook 2011.)

Seuraavassa on selvitetty takaisinsironta menetelmän toimintaperiaate. Tekstissä P1 ja P1' tarkoittavat lukijalta tunnisteelle siirtyvää tehoa ja P2 sekä P2' tunnisteelta lukijalaitteelle siirtyvää tehoa. Tunnisteen ja lukulaitteen välinen tiedonsiirto tapahtuu lukijan antennin lähettäessä sähkömagneettista säteilyä teholla P1. Teho P1' varastoituu tunnisteiden anten-

niin ja sitä voidaan käyttää virransäästön käynnistyksen aktivointiin tai deaktivointiin. Pieni osa tästä tehosta P_1 heijastuu antennista tehona P_2 . Osa tästä tehosta P_2 voidaan silloin havaita lukulaitteen antennissa. Heijastumisen voimakkuutta voidaan muuttaa antenniin kytkettyä kuormaa säätämällä ja näin pienentää tai kasvattaa luku/kirjoitusetaisyyttä. Kun kuormaa kytketään päälle ja pois, muuttuu heijastunut teho P_2 ja samalla lukulaitteen vastaanottama osuus tehosta P_2 . (RFID-Handbook 2011b.)

4.7 RFID-tekniikan ongelmat

RFID-tekniikan ongelmat ovat karkeasti jaettaessa tunnistin- ja lukijatörmäykset, maailmalla käytettävien standardien noudattaminen ja kehittäminen sekä tunnisteen salausprotokollat yksityisyyden suojaamiseksi. Törmäykset syntyvät useamman tunnisteen tai lukijan välillä yhtäaikaisen toiminnan seurauksena, ja yhtenäisten standardien kehittäminen ja noudattaminen asettaa omat haasteensa saada tunnistimien ja lukijoiden kommunikointi samalle taajuusalueelle maailmanlaajuisesti. Salauksen puuttellisuus on yksi ongelma tunnisteen toiminnassa, sillä osa tunnistesta lukee ja lähettää tietoa riippumatta siitä, kuka tai mikä tietoa kysyy. Näiden lisäksi on myös muita pieniä ongelmakohtia. (National Institute of Standards and Technology 2007. 6; Rinta-Runsala & Tallgren. 2004. 15.)

4.7.1 Signaalien törmäykset

RFID-tekniikassa yleisimmät ongelmat tulevat esiin käytettäessä useita tunnisteita tai lukijoita yhtäaikaisesti. Tästä on seurauksena tunnisteen hidas lukeminen sekä mahdollisesti tietojen sekoittuminen lukijalaitteiden välillä signaalien sekoittuessa. Nämä niin sanotut törmäykset jaetaan lukijoiden (reader collision) ja tunnisteen (tag collision) välisiin törmäyksiin. Lukijalaitteiden ja tunnisteen törmäyksiä voidaan estää erilaisilla algoritmeilla ja protokollilla. (Radioengineering 2011) Lukijoiden väliset törmäykset tulevat ilmi pääasiassa UHF-alueella pitkällä kantamalla ja nimenomaan usean lukijalaitteen yhtäaikaisesta käytöstä. Tunnisteen ja lukijoiden välittämät tiedot voivat sekoittua useamman lukijalaitteen kommunikoidessa tunnistimien kanssa. (RFID-Journal 2010b.)

Tunnisteet aiheuttavat ongelman vastatessaan lukijan pyyntöön kaikki kerralla ja näin sekoittaen lukijalaitteen. Tunnisteiden törmäysten välttämiseksi käytetään erilaisia törmäyksen estäviä algoritmeja, joiden avulla saadaan yksiöityä tunniste ja vastaamaan eri aikoihin muiden tunnisteiden kanssa yksitellen. Lukutapahtuma suoritetaan kuitenkin hyvin nopeasti, puhutaan millisekunneista, ja tämän vuoksi näyttää siltä, että tunnisteet luetaan yhtä aikaa. (RFID-Journal 2010d.)

4.7.2 Standardisoinnin puutteet

Standardisoinnin ongelma on erityisesti UHF-alueen käytettävän taajuusalueen kohdalla, koska eri maat käyttävät tällä alueella omia taajuusalueita. Tämä vastaavasti haittaa matkapuhelinverkkojen käyttämiä taajuusalueita. Tunnistimien sallittu tehonsiirron suuruus vaihtelee eri maiden kohdalla, ja tämä lisää rajoituksia asiakkaalle, jonka tulisi löytää tehonsuuruudeltaan sopiva tunnistin sovellukseen. Ongelma tulee myös silloin, jos otetaan esimerkiksi jonkin yhtiön käytössä oleva yksinkertainen tunnistinjärjestelmä, jonka toinen yhtiö haluaa ottaa myös käyttöönsä, mutta joutuisi maksamaan tästä kyseiselle yhtiölle. Jos sitten jokainen yhtiö alkaisi tehdä oman tunnistinsovelluksen vaikka pikaruokapisteille, asiakkaiden tulisi kantaa useita tunnistimia mukanaan ostotapahtumaa varten. Tällaisten tulisi olla yleisesti standardisoitu. Lisäksi pitäisi päättää mitä käytetään missäkin järjestelmässä, jotta välttyään tällaisilta turhilta sovellutuksilta. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 15–17; Technovelgy.com. 2011.)

Standardisointiin on panostettu, ja rinnakkain olemassaolevia standardeja on kyllä käytössä, mutta laajassa mittakaavassa isot ja kattavat standardit puuttuvat. Lisäksi standardisoinnista vastaavat International Organization for Standardization (ISO) ja Electronic Product Code Global (EPC Global) taistelevat keskenään asemasta ja standardisoitavista asioista. Teollisuuden yritykset antavat ISO-järjestelmää pyörittäville apua järjestelmän kehittämiseen ja laaja-alaista näkemystä, ja EPC:tä auttavat erilaiset suuret käyttäjäryhmät ja jälleenmyyjät. Myös eri alojen ammattiryhmät pyrkivät vaikuttamaan RFID-järjestelmän kehitykseen sekä vertailevat ISO- ja EPC-järjestöjä ja valitsevat, kumpi näistä kahdesta lähtee viemään standardisointia eteenpäin. (Bunduchi, Gerst & Graham 2005, 3–5.)

4.7.3 Tietoturva- ja yksityisyysongelmat

Tällä hetkellä RFID- järjestelmän tietoturvaongelmana on sen tagin luettavuus ja sille kirjoittaminen. Koska tunniste ei tarvitse suoraa näköyhteyttä, voidaan esimerkiksi väkijoukossa lukea useiden tagien tiedot, ja kukaan ei huomaisi tätä. Vastaavalla tavalla tunnisteille voitaisiin kirjoittaa ilman että sitä huomattaisiin. Kuten pankkikorteista, myös tunnisteista voidaan tehdä alkuperäisen kaltaisia kloonattuja kopioita ja sitten käyttää niitä käyttäjän tietämättä. Lyhyen kantaman tunnisteet ovat hieman paremmin suojattuja ulkopuoliselta etälukemiselta, sillä nämä vaativat lähes kosketusetäisyydeltä lukemisen. Ongelman muodostaisivat myös digitaaliset passit, sillä niitä voitaisiin hyödyntää terrorismissa. (Ahuja & Potti 2010.)

Vastaavasti joissakin tuotteissa voi olla tunniste sijoitettuna viivakoodiin eikä asiakas välttämättä saa tai voi poistaa sitä tuotteesta. Näin ollen voitaisiin lukea henkilön hallussa olevat tuotteet, jotka sisältävät yksityiskohtaisen sarjanumeron tuotetietojen lisäksi. Kun lukijoita on useissa eri pisteissä, voitaisiin kyseisiä tuotteita seuraamalla seurata henkilöä pitkän kaupunkia. Tähän ratkaisuna on tagin ”tappaminen”, eli kun tuote siirtyy kaupasta kulluttajalle, tunnisteeseen siirretään ohjelmapätkä, jolla se tehdään toimintakyvyttömäksi eikä sitä voida aktivoida uudelleen. (Juels, Rivest & Szydlo 2003, 1–3.)

Faradayn häkkiä voidaan soveltaa myös RFID-tunnistimien lukemisen estämiseksi. Faradayn häkin periaatteena on, että häkin sisällä oleva kappale ei voi vastaanottaa eikä lähettää säteilyä häkin läpi. Faradayn häkki voi muodostua esimerkiksi metallisesta levystä. Tätä on käytetty mm. myymälävarkauksissa vuoraamalla laukku foliolla, ja sinne laitettavat tunnisteiden sisältävät esineet eivät aiheuta hälytystä mennessä kassanporttien läpi. (Juels ym. 2003, 2–3.)

Aktiivisella signaalinhäirinnällä voidaan häiritä tunnisteiden ja lukijan välistä kommunikointia lähettämällä epämääräistä signaalia näin häiriten ulkopuolisia lukijalaitteita lukemasta asiakkaan kantamaa tunnistetta. Tunnisteiden häirinnässä ainut ehto on, ettei sen lähetysteho saa ylittää normeja. (Juels ym. 2003, 2–3.)

Älykkäillä tunnisteilla saadaan tunnistimien lukeminen estettyä esimerkiksi salasanaa kysymällä. Tunniste ei lähetä sisällä pitämiään tietoja ennenkuin siihen on syötetty oikea sa-

lasana. Tunnisteiden suunnittelu ja toteutus asettavat valmistus- ja myyntihinnan kuitenkin sen verran korkeaksi, etteivät tunnistimet ole yleisesti kovin käytettyjä. (Juels ym. 2003, 2–3.)

Blocker tag on tunniste, jota käytetään häiritsemään lukijalaitteita lähettämällä niihin lukematon määrä erilaisia ID-numeroita. Kun tunnisteen algoritmi on puurakenteinen, lukija alkaa käydä läpi kaikkia eri sarjanumeroita ja näin kuvittelee löytävänsä oikeita tunnisteita käyttäen aikansa tähän. Lukija käy kuitenkin läpi niin paljon mahdollisia numerosarjoja, että se ei kerkeä niitä tunnisteen lyhyen alueella olon aikana esittää. Jos se kuitenkin kerkeäisi, se esittäisi kaikki mahdolliset numerosarjat. Numeroavaruus, jota blocker tag lähettää, on kooltaan vähintään 2^{64} yksinkertaisimmissakin järjestelmissä. (Juels ym. 2003, 4–6.)

RFID-järjestelmän tietoturvaa uhkaavat myös samankaltaiset haittaohjelmat kuten normaaliakin verkkoa ja siinä yhteydessä olevia laitteita. Haittaohjelmat voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin, jotka ovat virukset, madot sekä RFID-järjestelmää hyväksikäyttävät ohjelmat. (Rieback 2008, 42–44.)

Mato on viruksen kaltainen haittaohjelma, joka kulkee verkossa aiheuttaen tuhoa järjestelmään tarvitsematta erillistä käyttäjää verkossa liikkumiseen. Yleisimpiä madon tuhotöitä ovat tiedostojen poistaminen sekä takaportin luominen mahdollistaen hakkereiden murtautumisen järjestelmään. RFID-mato leviää verkossa turvallisuuspuutteita hyödyntäen, eikä käyttäjän esimerkiksi tarvitse lukea tunnisteita levitäkseen järjestelmään, mutta RFID-mato voi levitä myös tunnistesta toiseen. (Rieback 2008, 42–44.)

RFID-virus vastaavasti leviää käyttäjän avustuksella ja viruksen leviäminen vaatii tunnisteen lukemisen. Esimerkiksi tunnisteseen asetetaan virus, joka edelleen laitetaan eläimeen tai johonkin muuhun kohteeseen. Kun kyseinen tunniste luetaan lukulaitteella, virus leviää lukijan kautta tietokantaan. Kun seuraava puhdas tunniste luetaan lukijalla, virus siirtyy lukijalta tunnistelle. (Rieback 2008, 42–44.)

RFID:tä hyväksikäyttävät ohjelmat hyökkäävät vastaavasti johonkin järjestelmän tiettyyn osaseen, kuten tietokantaan tai web-käyttöliittymään käyttäen, hakkerointiohjelmaa, kuten puskurin ylivuotoja, SQL-injektio- tai ohjelmakoodin lisäämistä. Hyökkäyksiä voidaan

toteuttaa käyttämällä tavallisia tunnisteita, älykortteja jolloin saadaan suuremmalle muistille kirjoitettua vaikeampi koodi tai sitten voidaan käyttää kokonaista tietokonetta vahingon tekoon. (Rieback 2008, 42–44.)

4.7.4 Muut ongelmat

Myös muiden langattomien laitteiden on havaittu häiritsevän RFID-laitteiston toimintaa, ja RFID-järjestelmän integroiminen olemassa olevaan järjestelmään asettaa myös omat vaikeudet. Muun muassa tietokoneilta RFID-lukijoille ja tageille siirtyvät virukset antavat oman haasteensa järjestelmän toteutukseen. (Tajima May 2007) Tunnisteiden ongelmana on korkeilla taajuuksilla myös niiden lähettämän signaalin läpäisykyky. Korkeat taajuudet etenevät huonosti esimerkiksi nesteiden läpi, ja tästä esimerkkinä käytetään eläinten jäljittämiseen matalataajuustunnisteita, koska tunnistin sijaitsee ihon alla. Koska suurin osa ruumiista muodostuu vedestä, korkeataajuiset tunnisteet eivät saisi lähettämäänsä signaalia läpi. Osalla tunnisteista on myös ongelmana se, että niitä ei voida asentaa metalliseen kappaleeseen. (National Institute of Standards and Technology 2007, 2–6.)

5 NFC

NFC eli Near Field Communication on lähikentässä tapahtuvaa kommunikointia, ja tämä perustuu induktiiviseen kytkeytymiseen. Tekniikka on rakennettu HF-taajuusalueen päälle hyödyntäen RFID-tekniikkaa, kuitenkin uudistetuilla ominaisuuksilla. Tekniikan kehittämisestä vastaa Near Field Communication Forum, joka on perustettu 2004. Järjestö on tulosta hakematon yhteisö, jonka tarkoituksena on kehittää, edistää ja standardoida NFC-tekniikkaa. Järjestön ovat perustaneet yhteistyössä Nokia, Philips ja Sony (RFID-NFC, 2010; RFID Lab Finland Ry, 2012a.)

Teknisesti ottaen NFC-tekniikka on laajennus standardista ISO 1443, joka määrittää RFID Mifare tagin 13,56 MHz:n alueella, ja ECMA(European Computer Manufacturers Association)- ja ETSI(European Telecommunications Standards Institute)-standardista. Tämä yhdistää yhden älykortin yhden laitteen kanssa. Kaikilla laitteilla on nopea tiedonsiirtonopeus, 424 kbit/s ja turvallisuuden vuoksi NFC-laitteiden lukuetaisyys on rajoitettu hyvin alas, n. 4 cm:iin. NFC-laitteet toimivat myös jo olemassa olevien laitteiden ja tunnisteiden kanssa, jotka käyttävät standardia ISO 1443, jolloin se on yhteensopiva olemassa olevien maksupäätteiden kanssa, joita käytetään julkisissa kulkuvälineissä. (RFID-NFC, 2010.)

NFC-puhelimeissa ovat suurena ongelmana olleet tietoturva-asiat, kuten salasana ja henkilötiedot, mikä on pitkälti estänyt tekniikan hyväksymisen maksutapahtumien hoitamiseen. Tässä ratkaisuna on ollut se, että turvallisuuteen liittyvät toiminnot tullaan sijoittamaan SIM(Subscriper Identity Module)-kortille. NFC mahdollistaa myös elektronisten laitteiden yhdistämisen eli ns. parituksen. Tämä tarkoittaa sitä, että NFC-laitteella voidaan koskettaa esimerkiksi cd-soitinta tai muuta vastaavaa laitetta ja NFC-laitteesta ladataan käyttäjän asettamat asetukset, eikä hänen tarvitse tehdä cd-soittimelle mitään muuta kuin koskettaa sitä NFC-puhelimella. Vastaavaa voidaan soveltaa esim. elokuvajulisteessa, josta luetaan NFC-tunniste, jolloin puhelimeen siirtyy linkki ja sen jälkeen laite hakee asetukset kohdalleen ja yhdistää varsinaiseen WLAN tai 3G-verkkoon. Tämän jälkeen laite lataa osoitetusta linkistä trailerin julisteessa olevasta elokuvasta. Samaa voidaan hyödyntää myös mainoksissa, joissa tällä hetkellä on 2D-viivakoodi ja jotka eivät ole yhtä varmoja toiminnaltaan. (RFID Lab Finland Ry, 2012a.)

Ensimmäisten erilaisten NFC-sovellusten tekemisen lähtökohtana ovat olleet vastaavat aiemmat sovellukset ja asiakaskunta, jolloin taloudellinen potentiaali on suurin sekä riskit pienet. Tehdyt sovellukset, joissa NFC-tekniikkaa käytetään, voidaan jakaa kolmeen eri alueeseen, jotka ovat peer-to-peer- eli laitteiden välisen kommunikoinnin käynnistäminen NFC:n avulla, maksu- ja lippupalvelut sekä palvelun aloittaminen, kuten uuden yhteyden aukaiseminen datan siirtoa varten. (RFID Network, 2012.)

5.1 NFC-lukijat

NFC-lukijoina toimii erilaisia pöytälukijoita sekä käsilukijoita, kuten RFID-puolellakin. Pääasiassa NFC on yleistymässä kuitenkin sitä tukeviin puhelimiin, joita mm. Nokia valmistaa. Näillä lukijoilla voidaan joko kirjoittaa tai lukea tunnisteilta tietoa ohjelmiston avulla. (TopTunniste, 2012.)

NFC-lukija on tunnistesta poiketen aktiivinen laite. Toiminnaltaan se vastaa kuitenkin RFID-lukijoita, joka toiminnassa lähettää radiosignaaleja kommunikoidakseen tunnisteen kanssa. Lukija näin antaa virran passiivilaitteelle kommunikoinnin passiivimoodissa. Passiivimoodissa laite, esimerkiksi puhelin, lähettää radiosignaalia kohdelaitteelle, ja kyseinen laite saa tarvittavan energian sähkömagneettisesta kentästä. Kohdelaite vastaa moduloimalla olemassa olevaa sähkömagneettista kenttää. Aktiivimoodissa vastaavasti molemmissa laitteissa on virtalähteet, ja ne voivat kommunikoida toistensa kanssa vaihtelemalla signaalin lähetystä. (Forum Nokia 2011, 6.)

NFC-laitteilla on siis kolme erilaista toimintatilaa, jotka perustuvat standardeihin ISO/IEC 18092, NFC IP-1 ja ISO/IEC 14443. Näitä ovat peer-to-peer, kortin emulointi sekä luku- ja kirjoitustoiminnot. Peer-to-Peer tilassa kaksi NFC-valmiudella olevaa laitetta voi vaihtaa dataa keskenään. Näin voidaan asettaa asetuksia laitteille, kommunikointiasetuksia käytettävissä oleville langattomille verkoille tai vaihtaa laitteiden välillä käyntikortteja tai valokuvia. Kortin emuloinnissa puhelin voi toimia kuten tunniste tai kortti, ja puhelinta voidaan käyttää esimerkiksi etukortin tilalla. (Forum Nokia 2011 ,7.)

5.2 NFC-tunnisteet

NFC-tunnisteet ovat passiivisia komponentteja, joita voidaan käyttää aktiivisten NFC-laitteiden eli NFC-lukijoiden/-kirjoittimien kanssa. NFC-tunnisteita voidaan käyttää sovelusten sisässä, kuten julisteissa tai muissa vastaavissa pientä muistikapasiteettia käyttävissä sovelluksissa. Julisteissa esimerkiksi voi olla tunnisteelle sijoitettuna kyseisen tuotteen linkki vaikka mainosvideoon tai traileriin. NFC-tunnisteella oleva data voi olla missä tahansa muodossa, mutta tavallisimpia sovelluksia on juuri URL-osoitteiden tallentaminen, jonka avulla NFC-laite hakee lisää tietoa. Näissä tapauksissa tarvitaan vain pientä muistikapasiteettia. (Radio-Electronics.com 2012.)

Ensimmäiset standardit ja arkkitehtuuri esiteltiin NFC-forumilla yhteensopiville NFC-laitteille kesällä 2006. Nämä pitivät sisällään NFC:n datan siirron formaatin, NFC Data Exchange Format (NDEF) ja kolme tallennusmäärittystä, eli Record Type Definitions, RTD. Nämä koskevat juuri julisteita, tekstiä ja lähteitä lukevia sovelluksia. (Radio-Electronics.com 2012.)

NFC-tunnisteille on neljä eri perustyyppiä, jotka on määritelty. Jokaisella näistä neljästä eri tunnistetyypistä on erilainen formaatti ja muistin kapasiteetti. Tunnisteformatit perustuvat ISO 14443 A- ja B-tyyppeihin, jotka koskevat kansainvälisesti standardoituja kontaktittomia älykortteja, sekä Sony Felica standardiin, ISO 18092, joka on standardi passiiviselle kommunikointimallille. (Radio-Electronics.com 2012.)

NFC:n etuna on sen yksinkertainen rakenne. Näin sen hinta ollaan saatu hyvin alhaiseksi ja tunniste voidaan haluttaessa myös hävittää siinä kiinni olevan tuotteen mukana. Tämä on otettu huomioon nimenomaan mahdollisia julistesovelluksia silmällä pitäen, sillä näiden kiertokulku on kuitenkin hyvin lyhyt. (Radio-Electronics.com 2012.)

Tunnistetyypit jakautuivat siis neljään eri ryhmään:

1. tunnistetyypin perustuu standardiin ISO 14443A. Nämä NFC-tunnisteet ovat luettavia ja uudelleen kirjoitettavia, ja käyttäjä voi halutessaan lukita tunnisteen vain luettavaksi. Muistia on 96 tavua, mikä on riittävä URL-osoitteen tallentamiseen tai muun pienen datamäärän tallentamiseen. Tunnisteen muistia voidaan myös kasvat-

taa 2 kilotavuun. Kommunikointinopeus tunnisteella on 106 kbit/s, ja yksinkertaisen rakenteensa puolesta tunniste on edullinen käyttää. (Radio-Electronics.com 2012.)

2. tyypin tunniste perustuu myös tähän edellä esiteltyyn standardiin ISO 14443A. Nämä NFC-tunnisteet ovat myös luettavia sekä uudelleen kirjoitettavia, ja lukitus mahdollisuus vain lukutyypiksi on olemassa. Muistin perustyyppissä on 48 tavua, ja sen voi myös laajentaa 2 kilotavuun. Kommunikointinopeus on 106 kbit/s. (Radio-Electronics.com 2012.)
3. tyypin tunniste perustuu Sonyn Felica järjestelmään. Sillä on 2 kilotavun muistikapasiteetti ja kommunikointinopeus on jo 212 kbit/s. Tämä NFC-tunniste on paremmin soveltuva monimutkaisempiin sovelluksiin ja osaksi tämän vuoksi hintakin on korkeampi. (Radio-Electronics.com 2012.)
4. tyypin tunniste on tehty yhteensopivaksi ISO14443 A:n ja B:n kanssa, ja näiden luokuminaisuus on määritelty valmistusvaiheessa. Tunnisteet siis ovat luettavia sekä uudelleen kirjoitettavia tai vain luettavia. Muistia voi olla 32 kilotavuun saakka ja kommunikointinopeus välillä 106–424 kbit/s. (Radio-Electronics.com 2012.)

Tunnisteiden määritelmistä voidaan nähdä, että tyypin 1 ja 2 tunnisteet eroavat hyvin paljon tyyppien 3 ja 4 tunnisteista muistin kapasiteetin ja standardien osalta. 1. ja 2. tyypin tunnisteet ovat kaksivaiheisia eli voivat toimia luettavina ja uudelleen kirjoitettavina. 3. ja 4. tyypin tunnisteet ovat vain luettavia, ja data lisätään valmistusvaiheessa tai käyttäen tätä varten olevaa kirjoitinta. (Radio-Electronics.com 2012.)

NFC-tunniste toimii samalla tavalla kuten lähikenttään perustuvat RFID-tunnisteet. NFC-tunniste on passiivi komponentti, joka koskettaessaan lukijaa kommunikoi tämän kanssa. Kosketuksessa siirtyy tunnisteelle energiaa ja vastaavasti dataa vaihtuu lukijan ja tunnisteen välillä. (Radio-Electronics.com 2012.)

6 STANDARDIT

RFID-tekniikassa standardeilla on suuri merkitys maailmanlaajuiselle toiminnalle, jotta järjestelmässä kaikki toimisi yhteen. Standardien kehitys ja olemassaolo on tärkeää siksi, että

- standardoidut tuotteet ovat yhteensopivia eri yhteisöjen kanssa, kuten kaupallisella alalla ja hallituksessa
- standardeilla luodaan yhtenäiset linjaukset tuotteille, joita valmistetaan (RFID-lukijat, tunnisteet, käyttöliittymät ym.), ja näin varmistetaan tuotteiden yhteensopivuus
- edelleen kasvatetaan markkinoita mahdollistamalla muidenkin halukkaiden valmistaa standardin mukaisia tuotteita ja näin luodaan kilpailua alalle, vastaavasti tuotteiden hinnat laskevat
- standardit luovat varmuutta kehittyville tekniikoille.(RFID Network 2011b.)

Standardeja kehitetään eri tasoilla. Niitä on kansainvälisillä, alueellisilla, kansallisilla ja teollisuuden alueilla. Mitä globaalimmaksi standardi laajenee, sitä enemmän siihen saadaan mukaan käyttäjäkuntaa. (RFID Network 2011b.)

Vaikka standardoinnissa on vielä puutteita RFID-järjestelmässä, sieltä kuitenkin löytyy paljon erilaisia standardeja ja on pystytty luomaan edellytykset järjestelmän turvalliselle toiminnalle. Standardeja löytyy kaikilta sovellusalueilta, kuten laitteen ja tunnistimen kommunikoinnista, datan sisällöstä, vaatimustenmukaisuudesta sekä sovelluksista. Kuten aiemmin on jo mainittu, RFID-järjestelmästä kuitenkin puuttuu suuret yhteiset linjaukset järjestelmän kansainvälisen toiminnan ylläpitämiseksi. Suurin merkitys standardeilla on suurissa logistiikan sovelluksissa, mikä toimii laajalla alueella, jotta saavutetaan yhtenäisten laitteiden käyttö. (RFID-Journal 2011a; RFID Lab Finland Ry 2012b.)

Erityisesti RFID-tekniikassa on mukana eri viranomaisia, esimerkiksi Amerikassa on Federal Communication Commission (FCC) ja Euroopassa ETSI. Näiden eri viranomaisjärjestöjen tehtävänä on valvoa ja ohjata radiotaajuuksilla toimivien laitteiden käyttöä. (RFID Network 2011b.)

Seuraavassa on lueteltu erilaisia standardeja liittyen RFID:n eri näkökulmiin:

- Air Interface Communications protocol standardit määrittelevät RFID-lukijan ja tunnisteen keskustelemisen, ja se pitää sisällään:
 - fyysiset määritteet radiokeskustelulle, tunnetaan myös fyysisenä kerroksena
 - komentojen ja vastauksien rakenteen
 - tunnistin- ja lukijatörmäyksien algoritmin tai tavan tunnistaa ja kommunikoida vain yhden tunnisteen kanssa kerralla, vaikka lukuetaisyydellä on useita tunnisteita
- Datasisältöstandardit (Data content standards) kuvaavat, missä muodossa tallennettava tieto on tallennettu tunnisteen muistiin.
- Laitteiden kommunikointistandardit (Device communication standards) selittävät tiedon siirron lukijalta tietokoneelle.
- Sovellus-standardit (Application standards) esittävät, miten tuotteita käytetään, kuten esimerkiksi minne käytettävä tunniste asetetaan.
- Vaatimustenmukaisuus-standardit (Conformance standards) tarjoavat ohjeet siihen, miten tietty laite arvioidaan, jotta se täyttää vaadittavat standardit.

(RFID Network 2011b.)

Suuri osa RFID-järjestelmässä olevista standardeista luokitellaan kuitenkin omiin luokkiinsa, esimerkiksi ”tunnistekortit” tai ”kontaktittomat integroidut piirikortit. (RFID Network 2011b.)

Myös tietyille sovelluksille, kuten renkaille, tavarakonteille, uudelleen käytettäville muoviasioille ja eläimille on määritelty omat tietyt standardinsa. Tunnistetta suunniteltaessa kaikkien näiden standardien sisältöä on harkittava tuotteita suunniteltaessa. Monet tuotteet yleensä tukevat monia eri standardeja. (RFID Network 2011b.)

Standardi ISO 18000 kattaa ilmarajapinnan järjestelmille, kuten logistiikassa tavaran seuraamisen. Standardi myös kattaa merkittävimmät taajuusalueet. Standardi jakaantuu seitsemään eri osaan:

- 18000-1, yleiset parametrit ilmarajapinnoille maailmanlaajuisesti hyväksytyillä taajuuksilla

- 18000-2, parametrit ilmarajapintakommunikaatiolle alle 135 KHz:n taajuudella
- 18000-3, parametrit ilmarajapintakommunikaatiolle 13,65 MHz:n taajuudella
- 18000-4, parametrit ilmarajapintakommunikaatiolle 2,45 GHz:n taajuudella
- 18000-5, parametrit ilmarajapintakommunikaatiolle 5,8 GHz:n taajuudella
- 18000-6, parametrit ilmarajapintakommunikaatiolle taajuudella 860–930 MHz (Euroopan ja Amerikan taajuusalueet, Euroopassa käytetään UHF-alueella matalampaa (869 MHz:n ympärillä) taajuusaluetta kuin Amerikassa (902–928 MHz) tehorajoitusten takia)
- 18000-7, ilmarajapinta 433,92 MHz (Aktiivitunnisteet) (RFID Journal 2011.)

Kuviossa 8. on esitetty eri standardien jakaantuminen taajuusalueille.

	LF	HF	HF	UHF	UHF
	125/134.2 kHz	13.56 MHz	433 MHz	860-960MHz	2.45 GHz
		+/- 7 kHz			
ISO	ISO 11784	ISO/IEC 14443	ISO 18000-7	ISO 18000-6A	ISO 18000-4
	ISO/IEC 18000-2A	ISO/IEC 15693		ISO 18000-6B	ISO/IEC 24730-2
	ISO/IEC 18000-2B	ISO 18000-3		ISO 18000-6C	
EPCglobal				Class 0	
				Class 1	
				Class 1 Gen 2	

KUVIO 8. Eri standardien jakaantuminen taajuusalueiden mukaan (RFID Network 2011a.)

Kaikki käytettävissä olevat taajuusalueet ja niiden lyhenteet:

- ELF Extremely Low Frequency 30 Hz–30 Hz
- SLF Super Low Frequency 30 Hz–300 Hz

–	ULF	Ultra Low Frequency	300 Hz–3000 Hz
–	VLF	Very Low Frequency	3 kHz–30 kHz
–	LF	Low Frequency	30 kHz–300 kHz
–	MF	Medium Frequency	300 kHz–3000 kHz
–	HF	High Frequency	3 MHz–30 MHz
–	VHF	Very High Frequency	30 MHz–300 MHz
–	UHF	Ultra High Frequency	300 MHz–3000 MHz
–	SHF	Super High Frequency	3 GHz–30 GHz
–	EHF	Extremely High Frequency	30 GHz–300 GHz

(Yeo 2005, 8)

Seuraavassa on kerrottu eräistä työhön läheisesti liittyvistä standardeista.

ISO/IEC 15961 ja ISO/IEC 15962 koskevat tietotekniikkaa, kappaletavaran hallintaa RFID:n avulla. Standardi 15961 pitää sisällään sovellusrajapinnan ja 15962 datakoodaus-säännökset ja loogisen muistin toiminnot JTC 1/SC 31. (RFID Network 2011a.)

ISO/IEC18000 RFID tuotteiden hallintaan käsittää eri taajuuksien rajapinnat kommunikoinnille, kuten edellä on jo mainittukin. (RFID Network 2011a.)

ISO 18185 ja ISO 23389 käsittelee rahtikonteissa käytettäviä tunnisteita sekä luku- ja kirjoitustekniikkaa. (RFID Network 2011a.)

ISO/IEC 19762 tietotekniikka – automaattinen tunnistus ja datan tallennustekniikat, osa 3 RFID. (RFID Network 2011a.)

ISO/IEC 24730 (RTLS, Real Time Locating System), Reaaliaikapaikannukseen liittyvä standardi, joka on jaettu neljään osaan. 1. Sovellusohjelmointirajapinta, (API), 2. 2,4 GHz, 3. 433 MHz, 4 Maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä (GLS). (RFID Network 2011a.)

ISO/IEC 14443 koskee tunnistuskortteja ja kontaktittomia integroitua piirikortteja, etälu-kukortteja. 4-osainen standardi, 1. osa pitää sisällään fyysiset määritteet, 2. osa radiosig-naalin tehon ja signaalirajapinnan, 3. alustuksen ja törmäyksen eston, 4. siirtoprotokollan. (RFID Network 2011a.)

ISO/IEC 15693 koskee tunnistekortteja, kontaktittomia integroituja piirikortteja sekä lähi-kortteja(vicinity cards). ISO/IEC 15693 on 3-osainen standardi, jonka 1. osa pitää sisällään fyysiset määritteet, 2.osa ilmarajapinta ja alustus, 3.osa tunnistintörmäyksen eston ja siirto-protokollan. (RFID Network 2011a.)

ISO 11784 on eläinten RFID tunnistusta käsittelevä standardi, ja se määrittää koodin rakenteen. (RFID Network 2011a.)

7 RÄJÄHDYSVAARALLISET TILAT

Räjähdyksivaarallisista tiloista käytetään yleisesti myös nimitystä ATEX-tilat. Näitä tiloja ja niissä käytettäviä laitteita koskee ATEX-lainsäädäntö, joka on tullut voimaan vuonna 2003. Tukes eli turvatekniikan keskus valvoo näitä tiloja osana työturvallisuuslainsäädännön valvontaa. (Tukes opas 2008, 3.) Kuviossa 8 on esitetty ATEX-tiloihin ja laitteisiin viittaavia merkintöjä. Vasemmalla on ATEX-tilasta varoittava kyltti, joka tulee olla kiinnitettynä näihin tiloihin menevissä ovissa. Toisena on CE 0537- merkintä, joka on merkitty tämän standardin vaatimukset täyttäviin laitteisiin, ja viimeinen merkki on ATEX-laitteesta löytyvä laiteluokkaa kuvaava merkintä.



KUVIO 8. Vasemmalta oikealle on esitetty räjähdysvaaraa varoittavia merkkejä. (Tukes opas 2008. 5, 11)

ATEX-nimitystä käytetään Euroopan laite- ja työolosuhdedirektiiveistä, jotka koskevat räjähdysvaarallisia tiloja, tiloissa käytettäviä laitteita tai tiloissa työskentelyä. Tarkoituksena näillä direktiiveillä on suojella tiloissa työskenteleviä ihmisiä, EU:n jäsenvaltioiden räjähdysvaarallisten tilojen ja näissä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimusten yhtenäistämisen ja myös Ex-laitteiden vapaa kauppa. (Tukes opas 2008. 4.)

ATEX-työolosuhdedirektiivi (1999/92/EY) koskee tuotantolaitoksia ja työpaikkoja, joissa palavat nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. Direktiivi koskee uusia tulevia tiloja sekä vanhojen tilojen muutos- ja korjaustehtäviä. ATEX-työolosuhdesäädökset koskevat kaikkia työnantajia, joiden työntekijät mahdollisesti joutuvat alttiiksi palavista kaasuista, nesteistä tai pölystä aiheutuvalle räjähdysvaaralle. Säädökset koskevat myös tiloissa työskenteleviä henkilöitä sekä niitä rakentavia ja suunnittelevia henkilöitä. Laitesäädökset koskevat laitteiden, suojausjärjestelmien ja tietyissä tapauksissa komponenttien markkinoille asettajia, kuten valmistajia ja maahantuojia. Ex-laitteiksi luo-

kitellaan kaikki ne laitteet, joita käytetään kyseisissä tiloissa. Mukaan luetaan myös näiden räjähdysuojauksen kannalta tarpeelliset turva-, säätö- ja ohjauslaitteet, jotka voivat sijaita toisinaan myös Ex-tilan ulkopuolella. (Tukes opas 2008. 4.)

7.1 Työnantajan velvollisuudet

Työnantajalla on useita velvollisuuksia koskien räjähdysvaaran ennalta ehkäisemistä ja työntekijän suojausta. Näitä velvoitteita ovat mm. räjähdysvaaran selvittäminen ja siltä suojautuminen, laitteiden valinta kyseisiin tiloihin, perehdytys sekä räjähdysuojausasiakirjan laatiminen. (Tukes opas 2008. 8.)

7.1.1 Räjähdyskelpoisten ilmaseosten syntymisen estäminen

Räjähdysvaaran selvittämisessä arvioidaan kokonaisvaltaisesti työ- ja tuotantoprosessia. Tärkeitä seikkoja ovat muun muassa käytettävät laitteet, rakenteet ja rakennukset, käytettävät aineet, olosuhteet ja kaikkien näiden mahdolliset keskinäiset ja työympäristöstä johtuvat yhteisvaikutukset. Räjähdysvaaran arviointi tulee tehdä jokaisen työ- ja toimintaprosessin sekä laitteiston käyttövaihtoehdon kohdalla erikseen ja arvioita ei saa pitää yleispätevinä. Arvioinnissa on otettava huomioon erityisesti normaalit toimintaolosuhteet, mukaan luettuna kunnossapitotyöt, käyttöönotto ja käytöstä poistaminen, toimintahäiriöt ja ennakoitavat vikatilat sekä kohtuudella ennakoitavissa oleva virheellinen käyttö. Aineiden osalta tulee huomioida, onko prosessissa mukana palavia aineita tai syntyykö sellaista jäännös-, väli- tai lopputuotteena tai toiminnallisen häiriön vuoksi. Palavan aineen ominaisuudet kuten pitoisuus ja syttymisominaisuus, tulee myös huomioida. Lisäksi tulee arvioida, voiko räjähdysvaarallinen ilmaseos mahdollisesti joutua kosketuksiin syttymislähten kanssa. Näitä ovat kuumat pinnat, liekit ja kuumat kaasut, mekaanisesti syttyvät kipinät, staattinen sähkö, sähkömagneettinen säteily, sähkölaitteet, ionivoisva säteily, kemialliset reaktiot, adiabaattinen puristus, paineaallot, virtaavat kaasut sekä ultraääni. Mahdollisen räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintymispaikka ja kesto tulee myös arvioida. (Tukes opas 2008. 9.)

7.1.2 Räjähdykskelpoisen ilmaseoksen syttymisen estäminen

Räjähdykskelpoisten ilmaseosten muodostuminen tulisi mahdollisuuksien mukaan estää, ja tämä voidaan tehdä vähentämällä tai välttämällä palavien aineiden käyttöä. Ilmaan sekoittuneena kaasut ja pöly ovat räjähdykskelpoisia vain tiettyjen raja-arvojen välillä. Räjähdyksvaara voidaan välttää kokonaan, jos voidaan varmistaa näiden arvojen ulkopuolella pysyminen. Laitteiden ulkopuolella syntyvien räjähdyksvaarallisten kaasujen syntyminen tulisi mahdollisuuksien mukaan estää. Laitteiden suunnittelussa on otettava huomioon näiden rakenne, jossa ei saa olla mainittavia vuotoja, laitteiden on oltava suljettuja sekä huolto tulee olla järjestetty. Laitteiden ympäristön kaasupitoisuuden tarkkailu voidaan hoitaa kaasuilmaisimilla. Jos jostain syystä ei voida estää näiden ilmaseosten syntymistä, tulee välttää sen syttymistä. Suojatoimenpiteillä pyritään estämään syttymislähteiden esiintyminen tai vähennetään niiden esiintymistodennäköisyyttä. Syttymisen estäminen pyritään hoitamaan oikeilla tilaluokituksilla ja laitevalinnoilla. (Tukes opas 2008. 9.)

7.2 Työntekijöiden suojaus

Työpaikoissa, joissa on räjähdyksvaara olemassa, on työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelemiseksi tehtävä eri toimenpiteitä. Työntekijöille tulee tehdä kirjalliset toimintaohjeet ja opastaa heitä räjähdyssuojausta koskevista asioista. Työlupajärjestelmän käyttöä tullaan myös edellyttämään vaarallisissa töissä, kuten tulitöissä. Räjähdyssuojaustoimenpiteitä ovat seuraavat:

- Vapautuneet palavat aineet tulee johdattaa pois tai tehdä ne vaarattomiksi.
- Staattisen sähköön purkauksiin on kiinnitettävä huomiota, koska ne aiheuttavat mahdollisen syttymisvaaran.
- Työntekijöitä tulee varoittaa ennen räjähdyksvaarallisten olosuhteiden syntymistä äänimerkein tai optisesti sekä henkilöiden poistuminen alueelta tulee varmistaa.
- Hätäpoistumisteiden tiloista tulee olla kunnossa vaarallisissa tiloissa.

- Räjähdysturvallisuus tulee tarkastuttaa pätevällä henkilöllä ennen räjähdysvaarallisen tilan käyttöönottoa ja tämän lisäksi sähkölaitteiden turvallisuus tulee tarkastuttaa säädösten edellyttämällä tavalla.
- Sähkökatkosten aiheuttamien mahdolliset vaarat tulee ottaa huomioon. Automaatiojärjestelmien virhetoimintojen varalta ne on voitava ohittaa käsikäyttöisesti, mikäli tämä ei vaaranna turvallisuutta. Hätäpysäytysjärjestelmää käytettäessä on kerrääntynyt energia purettava mahdollisimman nopeasti ja turvallisesti. (Tukes opas. 2008. 4.)

7.3 Tila- ja laiteluokat

Noudattamalla laitteen suunnittelussa ja rakentamisessa yhdenmukaistetuissa standardeissa määriteltyjä suunnittelu- ja rakenneperiaatteita sekä testausmenettelyjä voidaan olennaiset turvallisuusvaatimukset täyttää. Laitevaatimuksia ovat mm:

- laiteryhmä- ja laiteluokkakohtaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset
- vaatimustenmukaisuuden arviointi
- EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus
- CE-merkintä ja erityinen Ex-merkintä
- laiteryhmän ja -luokkaa kuvaava merkintä. (Tukes opas 2008. 5.)

ATEX-tiloissa käytettävät laitteet jaetaan kahteen eri ryhmään. Ryhmään 1 kuuluvat laitteet, jotka on tarkoitettu kaivoksiin ja näiden maanpäällisiin osiin, joissa räjähdysvaara syntyy kaivoskaasusta ja/tai pölystä. Ryhmään 2 kuuluvat yleisesti muissa paikoissa käytettävät laitteet. Ryhmän 1 laitteet jaetaan edelleen kahteen laiteluokkaan, luokkiin M1 ja M2 sekä ryhmän 2 laitteet kolmeen laiteluokkaan 1, 2 ja 3 sen perusteella, kuinka suurta turvallisuustasoa niiltä vaaditaan. Laitteen valmistajalla on vastuu tehdä vaatimustenmukaisuuden arviointi markkinoille vietävälle laitteelle. (Tukes opas. 2008. 6.) Seuraavissa taulukoissa on selvitykset eri laiteluokista ja niiden turvallisuustaso. Taulokossa 1 on esi-

telty laiteluokat ja niiden turvallisuustaso ja taulukossa 2 vastaavasti tiloja koskevat tilaluokat.

TAULUKKO1. Laiteluokat

Laiteluokka	Turvallisuustaso
1, M1	Erittäin korkea turvallisuustaso. EY-tyyppitarkastus ja joko ATEX-hyväksytty tuotannon laadunvarmistus tai ilmoitetun laitoksen tekemä tuotekohtainen tarkastus
2, M2	Korkea turvallisuustaso. Sähkölaitteille ja polttomoottoreille vaaditaan EY-tyyppitarkastus ja joko ATEX-hyväksytty tuotteiden laadunvarmistus tai ATEX-hyväksytty tyypinmukaisuuden varmistus.
3	Normaaliturvallisuustaso. Valmistuksen sisäinen tarkastus, jossa valmistaja tai muu markkinoille saattaaja huolehtii itse vaatimustenmukaisuuden osoittamista.

TAULUKKO 2. Tilaluokat

Tilaluokka	Tilaluokanmäärittäminen
0	Ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein
20	Ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, usein tai pitkäaikaisesti
1	Ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, usein tai pitkäaikaisesti
21	Ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaaliolosuhteissa satunnaisesti
2	Ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaaliolosuhteissa on epätodennäköistä ja se kestää lyhyen ajan esiintyessään
22	Ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaaliolosuhteissa on epätodennäköistä ja se kestää lyhyen ajan esiintyessään

Räjähdyssvaaralliseen tilaan tulee valita sinne sopiva laite tilaluokan mukaan. Tilaluokassa 0 tai 20 käytetään laiteluokan 1 laitteita, tilaluokassa 1 tai 21 käytetään laiteluokan 1 tai 2 ja tilaluokassa 2 tai 22 laiteluokan 1, 2 tai 3 laitteita. (Tukes opas 2008. 10)

7.4 Räjähdyssuojausasiakirja

Räjähdyssuojausasiakirjassa esitetään vaaran arvioinnin tulokset sekä tekniset ja organisatoriset suojaustoimenpiteet. Asiakirjan laatii toiminnanharjoittaja ja työharjoittaja. Heille kuuluu myös vastuu valita tiloihin kuuluvat sähkölaitteet sekä muut laitteet jos näissä on mahdollisia syttymislähteitä. Asiakirja laaditaan ennen laitoksen käyttöönottoa ja töiden aloittamista. (Tukes opas 2008. 12.)

Asiakirjan tarkoituksena on luoda yleiskuva vaaran arvioinnin tuloksista, ja laitosta koskevista suojaustoimenpiteistä. Räjähdyssuojausasiakirjassa voi olla liitteenä olemassa olevia vaaran arviointeja, tilaluokituspiirustuksia tai muita asiakirjoja.

Räjähdyssuojausasiakirjassa tulee esittää seuraavat asiat:

- räjähdysvaarallisten tilojen toiminnasta vastuussa olevat henkilöt sekä tilassa olevien työntekijöiden määrä
- pohjapiirustus poistumisteineen
- räjähdysvaaran kannalta olennaiset toimintakuvaukset
- tiedot tilojen siivouksesta ja ilmanvaihdesta
- kuvaus räjähdyskelpoisen ilmaseoksen aiheuttavaista aineista ja olosuhteista, joissa räjähdyskelpoisia ilmaseoksia muodostuu
- luettelo mahdollisena sytytyslähteenä toimivista laitteista ja työvälineistä
- riskinarvioinnin tulokset sekä räjähdysvaarojen tunnistamisessa käytetty menetelmä
- selvitys vaarallisten räjähdyskelpoisten ilmaseosten esiintymistiloista sekä näissä tiloissa olevista laitteista

- ylös- ja alasajojen huomiointi, tilojen ja laitteiden puhdistus sekä muutostilanteet
- räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu
- selvitys tehdyistä räjähdysuojaustoimenpiteistä, jotka jaetaan teknisiin ja organisatorisiin
- luettelo eri paikoissa käytettävistä hyväksytyistä työvälineistä
- selvitys siitä, kuka vastaa turvallisuustoimenpiteiden toteuttamisesta ja kuka räjähdysuojausasiakirjan päivittämisestä (Tukes opas 2008. 13.)

8 KOKEELLINEN OSUUS

Työn tavoitteena oli suunnitella RFID-pohjainen näyteseurantajärjestelmä, joka tehtäisiin ensin pienemmässä mittakaavassa, ja seurattaisiin sen toimivuutta ennen siirtoa muille osastoille. Testiympäristöksi valittiin liuoton EUSS, joka on Courierilla. Liuotto valittiin testiympäristöksi siksi, koska se on olosuhteiltaan vaativin tunnisteen ja koko järjestelmän toimintaa ajatellen. Näissä olosuhteissa tunnistet voivat esimerkiksi lähteä irti näytepurkeista, eivät pysy paikoillaan, tai niiden lukeminen/kirjoittaminen voi vaikeutua tai epäonnistua. Toinen testiympäristövaihtoehto olisi ollut liuoton saostushalli, mutta koska se on Ex-luokiteltu tila, sinne ei haluttu lähteä rakentamaan järjestelmää huomattavasti kalliimpien laitteiden takia.

Tarkoituksena oli tutkia erilaisia vaihtoehtoja RFID-järjestelmästä, mahdollisimman nopean, luotettavan ja yksinkertaisen näyteseurantajärjestelmän toteuttamiseksi. Järjestelmän vaatimuksena oli myös sen liitettävyyden SAP-automaatitietokantajärjestelmään. Nykyisen järjestelmän ongelmia ovat olleet näytteiden epätarkka otanta-aika ja tästä johtuva heikokko ajallinen vertailukelpoisuus muihin tuloksiin sekä näytteisiin kirjoitettavan tekstin epämääräisyys. Toimivan ja luotettavan RFID-näyteseurantajärjestelmän vieminen muille osastoille tapahtuu myöhemmin useammassa eri vaiheessa. Järjestelmällä on myös tarkoituksena seurata näytteiden läpimenoaikaa laboratoriossa.

RFID-järjestelmää suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon myös sen tekniikan asettamat rajoitukset, kuten tunnisteen ja antennin välillä olevat nesteet ja metallit, jotka häiritsevät signaalia ja vähentävät lukuvarmuutta. Kentällä olevat sähkömoottorit häiritsevät myös näiden läheisyydessä sijaitsevien etätunnistulaitteiden toimintaa. Tunститеilla on omat rajoituksensa suojauksessa, siinä millaisia kemikaaleja ne kestävätkin sekä millaisia mahdollisia iskuja niihin voi kohdistua, niin että ne aiheuttavat tunnisteen toimintakyvyttömyyden. Myös mahdollisten kiinteiden asennuksien kaapeloinnissa tulee huomioida käytettävien materiaalien kemikaalien kestävyys.

8.1 Lähtökohtien selvittäminen

Käytännön osuuden suunnittelu ja tutkiminen aloitettiin tehtaalla tammikuussa 2012. Näytteen elinkaarta alettiin tutkia liuoton ja laboratorion välillä kokonaiskuvan luomiseksi. Prosessin tutkimiseksi haastateltiin liuoton ja laboratorion henkilökuntaa sekä tutkittiin nykyistä käytettävissä olevaa laitteistoa ja näytteenkerääjien tapaa toimia. Järjestelmää valittaessa tulee miettiä ja valita oikea taajuusalue, jolla tullaan toimimaan, tunnistella olevan muistin määrä, jotta saadaan talletettua haluttu, tieto sekä ympäristön vaatimukset laitteilta joihin järjestelmä rakennetaan. Muita oleellisia ja tärkeitä asioita ovat tunnisteen rakenne ja muoto sekä laitteissa olevat standardit jatkumon takaamiseksi.

Näytteiden keruuprosessin pääasiallinen ongelma on tällä hetkellä se, että näytteenottoaika ei ole riittävän tarkka tehtaan muihin näytteiden analysointeihin verrattuna eivätkä näytteet näin ollen ole vertailukelpoisia. Esimerkiksi saatuja analyysseja ei tällä hetkellä voida verrata röntgenanalysaattorilta tulevien tietojen kanssa ja haluttaisiin nimenomaan asettaa eri tuloksien perusteella tehtävät käyrästöt toistensa kanssa päällekkäin.

Kerättäviin näytteisiin tehdyt merkinnät ovat välillä myös niin epäselviä, että niistä tulee tulkintavirheitä tuloksia kirjatessa. Tehtaalla kierrätetään osassa näytepisteitä samoja näyteastioita, erityisesti liuotolla, ja näin ollen näytepurkit ajan myötä tummuvat ja merkinnät eivät erotu niistä. Osassa paikoissa on myös niin likaista, että näytteisiin tehtävät merkinnät eivät pysy purkeissa tai niitä ei voida tehdä. Näytteiden tulkintavirheiden määrä kasvaa edelleen varsinkin kesän aikana, koska silloin tehtaalla työskentelee kesätyöntekijöitä vakituisen henkilökunnan lisäksi sekä heidän sijaisinaan. Kesätyöntekijöiden toiminnasta virhettä tuloksiin aiheuttaa tulkintavirheiden ja kirjoittamisen lisäksi myös näytepisteiden epämääräisyys, eli ei tiedetä tarkasti, mistä paikasta näyte tulisi ottaa.

Näytteiden kirjaamiseen menee myös tällä hetkellä hyvin paljon aikaa, ja sen minimoimiseen halutaan myös panostaa. Eri näytteistä saadut tiedot syötetään käsin tehtaalla olevaan SAP-tietokantaan erilaisten tehtyjen analyysien jälkeen. Alueelta kerättävien näytteiden määrä on vuonna 2011 ollut kuukaudessa keskimäärin vajaa 8 000 kpl, ja tämä tarkoittaa vuodessa noin 96 000:ta näytettä. Pidemmällä aikavälillä näytemäärät tulevat hyvin todennäköisesti vielä kasvamaan toiminnan ja tuotannon kasvaessa, ja myös tämä on huomioitava lopullista järjestelmää valittaessa.

8.2 Näytteiden kulku

Näytepurkit laitetaan kiertoon laboratoriosta käsin jokaisella kierroksella. Tässä tapauksessa keskitytään liuoton näytteiden keräämiseen. Näytteet kerätään kerran vuorokaudessa aamuvuoron aikana. Ainoana poikkeuksena ovat kuitenkin sakkanäytteet, jotka kerätään samaan pussiin jokaisessa vuorossa ja palautetaan aamuvuoron näytteiden palautuksen yhteydessä. Kun henkilö menee kyseisellä osastolla kentälle, liuotossa kaksi henkilöä, liuotto 1:n ja liuotto 2:n puolella, hän menee näytepurkkien kanssa näytepisteeltä toiselle kanteen mukanaan myös edellisten näytepisteiden näytteet. Näytteet kerättyään henkilö palaa laboratorioon ja jättää kerätyn näytekorin tiskille, jossa näytteet vastaanotetaan ja viedään edelleen analysoitavaksi. Näytteet pyritään analysoimaan mahdollisimman pian, viimeistään kuitenkin 8 tunnin sisällä. Analyysin yhteydessä henkilö kirjaa näytteestä analysoidut tiedot käsin SAP-järjestelmään kohta kerrallaan. Osa kentältä tulevista näytepurkeista puhdistetaan kuumalla vedellä ja ionivaihdetulla vedellä näytteiden analysoinnin jälkeen ja käytetään uudelleen.

Käytössä olevia muovisia- ja lasisia näytepurkkeja löytyy noin kymmenen erilaista mallia. Ne ovat tilavuudeltaan erikokoisia ja kannet ovat erilaisia. Näiden määrää voidaan kuitenkin yrittää vähentää yhtenäistämällä valikoimaa. Hankalaksi tämän kuitenkin tekee se, että erilaiset kemikaalit vaativat näytepurkilta sellaisia ominaisuuksia, mitä toinen aine ei. Näytepurkkien kirjo vaikeuttaa kuitenkin RFID-tunnisteiden valintaa niiden kiinnittämisen sekä toiminnan kannalta. RFID-järjestelmän laitteiston edellytys on kuitenkin se, että tunnisteet toimivat samalla taajuualueella.

Suuri osa näytepurkeista myös kierrätetään, ja tämä voi aiheuttaa sekaannusta analyysijä tehtäessä, jos purkit ja kannet eivät pysy pareina. Pitoisuudet, jotka näytepurkkeihin pesun jälkeenkin jäävät, voivat olla paikka paikoin niin suuria, että ne vääristävät toisesta näyteaineesta mitattavia tuloksia huomattavasti. Näytepurkkien merkkäminen pelkästään RFID-tunnisteella on tästä syystä riski, sillä jos jostain syystä pesun aikana tai muualla purkit ja kannet pääsee sekoittumaan niin mittaus tulokset ovat virheellisiä. Tämän vuoksi paras valinta käyttöön olisi RFID-tunniste, johon on tulostettuna myös näytteenotto paikka, jotta voidaan kierrättää samoja näytepurkkeja uudelleen ja nähdä ilman tunnisteiden laitelukemista mikä näytepurkki on kyseessä. Tunniste voitaisiin kiinnittää, joko kanteen ja purkkiin, tai sitten purkki ja kansi ovat kiinni toisissaan ja tunnistin kiinnitetään purkissa olevaan

korvakkeeseen. Ensiarvoisen tärkeää on kuitenkin se, että näyteastiat eivät mene missään vaiheessa sekaisin keskenään olettaen, että näyteastioita kierrätetään. Näytteisiin sijoitettavien tunnisteidien sähköisen tiedon lisänä olevalla tulostetiedolla saavutetaan myös se etu, että jos jostain syystä itse tunniste on mennyt rikki, niin vaikka se ei pidä tietoa sisällä, niin tarrasta voidaan nähdä kuitenkin, mistä se on otettu, ja aika voidaan päätellä muista saman erän näytteistä, joissa tunnistin toimii.

8.3 Laitteistovaihtoehtojen selvittäminen

Näytteenseurantaan voitaisiin käyttää RFID:n lisäksi myös viivakooditekniikoita, mutta näillä tulee esiin samoja ongelmia kuin tällä hetkellä jo on. Viivakoodilla tai matriisikoodilla on riittävästi muistia halutun tiedon tallentamiseksi, mutta niitä ei pystytä lukemaan kuin suoran näköyhteyden avulla, mikä on ongelmallista likaisissa olosuhteissa. Tulostettuun viivakoodiin ei voida myöskään enää lisätä tietoa, mitä tässä tapauksessa nimenomaan haetaan.

Erilaisia laitevaihtoehtoja on olemassa monenlaisia sovelluksen mukaan ja siitä, miten järjestelmän halutaan toimivan. Laitteistovaihtoehtoja oli testattavana Pepperl+Fuchs-mallistosta, jota jälleenmyy Oulussa toimiva Sensor Oy, ja tehtaalla heiltä kävi esittelijä myös havainnoimassa tekniikkaa. Toinen saattomuisteihin ja viivakooditekniikoihin erikoistunut yritys, Finn-ID kävi myös esittelemässä erilaisia viivakoodilukijoita sekä kertoi myös mahdollisista RFID-laitevaihdoista. Myös tästä yrityksestä saatiin testattavaksi RFID-lukija, joka oli Nordic-ID:n Merlin kannettava lukija/kirjoitin. Finn-ID valmistaa asiakkailleen vaativia logistiikatoiminnanohjaus ratkaisuja, ja se esitteli RFID-mahdollisuutta myös tähän osa-alueeseen.

Vaihtoehtoina järjestelmän rakentamiseen on siis kiinteillä luku-/kirjoitusyksiköillä, käsi-käyttöisillä lukijoilla tai NFC-tekniikkaa hyödyntävillä puhelimilla toteutettava järjestelmä tai näiden yhdistelmä. Toinen valinta kohdistuu käytettävään taajuusalueeseen, jossa valinnat kohdistuvat pääasiassa matalataajuisiin tunnistisiin lyhyen lukuetaisuuden takia sekä signaalin vaimeneminen huomioon ottaen. Tunnisteidien ja lukijoiden valinnassa on myös otettava huomioon Ex-tilat, jotka vaativat erityisluokituksen lukulaitteilta ja tunnisteilta näihin tiloihin. Laboratoriossa lukutapahtuma voidaan toteuttaa vastaavasti näiden lisäksi

myös pienemmillä julkisissa rakennuksissa nähtävillä porttilukijoilla, jotka sijoitettaisiin laboratorion palautusluukun yhteyteen.

Jos käyttöön otettaisiin kiinteitä luku- ja kirjoituspäitä, jouduttaisiin näihin hankkimaan myös jonkinlainen tietokone tai logiikka ohjaamaan tiedonsiirtoprosessia ja halutun toiminnan suoritusta. Pelkkää päätettä ei voida asettaa yksistään kirjoittamaan tietoa, vaan se vaatii aina älykseen erillisen lisäyksikön. (Österman 10.1.2012.) Tässä tapauksessa näytepisteitä on niin paljon, että kiinteä kirjoitus-/lukupää ei tarjoa riittävää hyötyä järjestelmän investointiin nähden. Hyvänä puolena näistä kiinteistä lukijoista vähäisillä näytepiستمäärillä voidaan kuitenkin mainita se, että näytteenottaja ei tarvitsisi mukaansa näytepiستeele mentäessä muuta kuin tunnistimella varustetut näytepurkit.

Moderneimmat käsilukijat vastaavat nykyisin toiminnoiltaan jo pienikokoista tietokonetta. Käsikäyttöisen lukijan merkittävin etu on kuitenkin sen kannettavuus ja riippumattomuus muista laitteista, eli periaatteessa voidaan kaikkien näytepiستeeiden tiedon keruu hoitaa yhdellä laitteella. Käsilukijoissa on oma sisäinen muistinsa, joka pitää sisällään erilaisia funktioita sekä mahdollisesti tunnisteilta luetut tiedot. Näiden lisäksi valmistajalta voidaan myös lukijan mukaan pyytää haluttua sovellusta vastaavan ohjelman luomista.

Käsilukija toimii yleensä niin, että se tallettaa muistiinsa lukemansa tiedot ja siirtää ne käytettävään tietokantaan asettaessa lukija kiinni sarjaporttiin. Vastaavasti käsilukija jossa on WLAN- tai bluetooth-yhteys, pystyy päivittämään muistissa olevat tiedot suoraan käytettävään tietokantajärjestelmään. (Österman 10.1.2012.) Käsilukijan etu on myös se, että tehtaalla oleviin näytepiستeeisiin, joista näytteitä haetaan ehkä kerran, kahdesti vuodessa, ei tarvitse investoida kiinteää laitetta hoitamaan tunnisteen lukua/kirjoitusta. Näissä näytepiستeeissä pystytään haluttu tieto myös itse kirjoittamaan tunnisteele ilman, että tällä näytepiستeeellä on edes tunnistinta mitä lukea.

NFC-tekniikka pohjautuu RFID-tekniikkaan ja HF-taajuusalueen päälle. Eroina RFID-järjestelmään ovat sen turvaominaisuudet sekä sen kyky toimia lukijalaitteena ja tunnisteenä. NFC puhelimen toimiminen lukijana ja tunnisteenä on mahdollista siksi, että kyseiset komponentit ovat sijoitettu laitteen rakenteeseen. Laitteen turvaominaisuuksia on tiukennettu ja muutettu siksi, että NFC:tä käytetään joissakin sovelluksissa maksuvälineenä. Täs-

tä syystä myös laitteen lukuetaisyys on rajoitettu hyvin alhaiseksi, muutamaan senttimetriin, mikä tässä tapauksessa käy hyvin.

NFC on yhteensopiva standardin ISO/IEC 14443 kanssa, joka määrittää kontaktittomien älykorttien ominaisuudet ja tiedonsiirron. Osa NFC-puhelimista tukee myös standardia ISO 15693, jolloin ohjelmamuutoksella saadaan NFC-puhelin toimimaan RFID-lukijan kanssa rinnan. Vastaavasti on olemassa RFID-lukijoita, jotka tukevat NFC-tunnisteita.

Hyvänä puolena NFC-järjestelmästä on sen hinta. NFC-puhelimia saa muutaman sadan euron hinnalla ja perus-sovellukset samalla hinnalla. Vastaavasti tunnisteet näihin ovat samanhintaisia kuin RFID:n puolella, ja järjestelmä toimii samalla tavalla. Tässä tapauksessa sovellusta joudutaan kuitenkin muokkaamaan ja tekemään yrityksen tarpeita vastaava mikä luonnollisesti nostaa hintaa.

Käytettävissä olevia tunnisteita on saatavana käyttötarkoituksen mukaan, ja tähän projektiin sopivimmaksi osoittautuvat kovamuovilla päällystetyt nappimuistit sekä tietynlaisella päällysteellä olevat tarrapintaiset muistit. Molempia tunnisteita on saatavana lähes samoilla vaadituilla ominaisuuksilla, eli niistä luetaan tieto useita kertoja ja vastaavasti näytteisiin asetettaviin tunnisteisiin tallennetaan ja luetaan tietoa. Tunnisteille saadaan myös valittua halutut pinnoitteet kemikaalien kestämiseksi. Tarrojen tapaisia tunnisteita usein valmistavat erilaiset painotalot, joihin lukeutuu myös suuryritys UPM Raflatac, ja näiltä on saatavana joko tuote-etiketin tyylisiä tunnisteita tai vaikka kovamuovisia avaimenperätunnisteita kulkukorteiksi, joissa on yrityksen logo. Tunnistetarroja viivakoodilla varustettuna voidaan myös itse tulostaa kiinteällä tai kannettavalla tulostimella. Tarrapohjaisissa tageissa on eroina niiden liima, joka voi olla pysyvä, ja kun tunniste on liimattu sitä ei saada poistettua kappaleesta, vaan se poistetaan käytön jälkeen kokonaan käytöstä. Vastaavasti on saatavana liimapinnalla varustettuja tunnistetarroja. Liimapinta pysyy kappaleessa tarvittavan prosessin kiertoajan paikallaan. Tämän jälkeen se voidaan poistaa ja siirtää seuraavaan kappaleeseen. Myös kovamuovista valmistettuja tunnisteita on saatavana useilla eri kiinnityksillä. Kiinnitysvaihtoehtona voi olla esimerkiksi tarra tai asennusta varten tehty reikä. Myös erikokoisia ja -hintaisia metallien sisään asennettavia tunnisteita on jo markkinoilla saatavilla.

Tulostinpäätteitä ja tarrarullia näihin on saatavana useilta laitevalmistajilta, kuten Zebralta. Kynnyskysymyksenä on, halutaanko alkaa tulostaa kaikki näytepurkkien tunnisteet itse vai säästetäänkö aikaa ja ostetaan ne valmiina painotalolta. Zebralla olevat tulostimet sijoittuvat hintaluokassa välille 2030–4800 €, Printronicsilla vastaavasti 2480–3235 €. Tunnistetarrarullalla oleville tunnisteille muodostui Zebran tulostimiin hinnaksi 0,176–0,18 €/kpl, sen mukaan oliko rullalla 500 vai 1000 tunnistetta. Tulostinvalmistaja Brother myi yksinkertaisempaa tulostinmallia, jossa on integroitu kirjoitus-/lukupäätte hintaan 840€. Tähän oli saatavana metritavarana tunnisteita eri leveyksinä. 8 metrin mittaisilla tulostusrullilla hintahaarukka oli välillä 14,5–32,5 €, mikä tekee 5 cm:n tulostetulle tunnisteelle hinnaksi 0,09–0,20 €. (Barcode discount, 2011; South West Office Supplies, 2011.) Suomessa toimivilta valmistajilta kysytyjen tunnisteiden hinnat olivat UPM Raflatacilla 0,20–0,30 €/kpl. Card-ID myi tunnistetarroja 0,60–0,90 €/kpl, ja tarrallisen muovinapin sai hintaan 0,75–1,25 €/kpl. Molemmista tuotteista sai paljousalennusta 20–30 %. Edellä mainittuihin hintoihin vaikuttaa myös niihin haluttava pinnoitus tai kotelointi, jos perusmallit eivät tule kentällä vallitsevissa olosuhteissa kestäväksi.

Finn-ID suositteli käytettäväksi myös Toshiba TEC:n RFID-tulostimia, jotka ovat toiminnaltaan erittäin laadukkaita. Näissä toiminnan erityisen hyväksi tekee laitteessa oleva liikkuva kuumakirjoituspää, joka monissa muissa malleissa on paikallaan. Kyseinen RFID-tulostin toimii siten, että ensin tulostetaan tagille datasisältö ja tämän jälkeen tunnistin kelaan takaisin sisään ja sen jälkeen pintaan tulostetaan itse teksti/viivakoodi tai se, mitä siihen halutaan. Monissa malleissa kirjoituspää pysyy paikallaan tämän takaisinkelauksen aikana, mikä aiheuttaa tagin vaurioitumisen, ja tätä ei tiedetä, ennen kuin se luetaan laitteella ja todetaan, ettei tietoa tulekaan laitteelle. Toshiba mallissa lukupää nousee datakirjoituksen jälkeen takaisin kelausajaksi ja laskeutuu tämän jälkeen alas tekstin/viivakoodin kirjoitusta varten. (Kuittinen 6.2.2012.)

Tehtaan Ex-tilat ovat tilaluokkaa 2 vastaavia, ja näihin tiloihin joudutaan hankkimaan omat laitteet tai vaihtoehtoisesti joudutaan miettimään esimerkiksi tunnisteiden ja lukijoiden käyttöä Ex-alueen ulkopuolella sieltä haettavan näytteen kirjoittamiseen. Hankalaksi tämän tekee kuitenkin se, että näytteitä hakevien henkilöiden tulisi päästä kulkemaan Ex-alueiden läpi näytekorien kanssa, ja näissä tulisi kaikissa olla tilaluokkaa vastaavat tunnisteet. Mahdollisesti voitaisiin tehdä myös niin, että kentällä olevassa näytepisteessä on Ex-tunniste, ja käytössä olevilla lukijoilla on tarvittava Ex-tilaluokitus. Ex-näytepisteellä käydään luke-

massa tunniste ja otetaan näyte, ja kun sieltä poistutaan näytepisteeltä Ex-tilan ulkopuolelle, kirjoitetaan tieto näytepurkin tunnisteelle, jolloin näytepurkeissa voidaan käyttää tavallisia tunnisteita.

Taajuusalueen valinta on kriittinen tehdasolosuhteissa ja erityisesti sovelluksissa, joissa tunniste asetetaan lähelle nestettä tai metallia, koska nesteet vaimentavat signaalin etenemistä ja metalleista signaali heijastuu. Nyt näytepurkkeihin kerätään sekä nestemäisiä että kiinteitä näytteitä, ja ne sisältävät pääasiassa metallipitoisia aineita erisuuruuksilla pitoisuuksilla. Luku-/kirjoituspäätteiden ja tunnisteiden kommunikointia voidaan tässä tapauksessa parantaa sijoittamalla tunniste esimerkiksi näytepurkin kanteen. Vaihtoehtoisesti voidaan etsiä sopivia näytepurkkeja, joissa on korvake johon tunniste voidaan kiinnittää. Lisäksi tunniste saadaan siirrettyä tarvittaessa helpommin ja pysyvämmiin toiseen uuteen näytepurkkiin. Näytepurkin korvakkeella voidaan varmistaa myös purkin ja kannen säilyminen samoina. Tunnisteiden sijoittamisella on suurin merkitys lähinnä erilaisissa logistisissa sovelluksissa, joissa tunnisteita kulkee kuljetushihnalla ja niitä luetaan esimerkiksi satoja tunneissa. Tällöin tunnisteiden tulee olla lähes samassa kohdassa, jotta lukupäät voidaan optimoida kyseiseen kohtaan ja varmistaa tunnisteiden lukeminen nopeasta liikkeestä. Tässä tapauksessa tunnisteiden sijoittamisella on lähinnä merkitystä sen pysymisen ja signaalin säilymisen kannalta tunnisteiden ollessa lähellä metallipitoista ainetta.

RFID-järjestelmää ja näiden laitteiden valmistajien valinnassa tulee myös huomioida laitteiden saatavuus ja tuotetuki myös muutaman vuoden päästä. RFID:n kehitymisestä huolimatta verrattaessa esimerkiksi viivakoodiin, tekniikka on vähän käytetty ja tuntematon. Tekniikkaan löytyy myös paljon eri valmistajia ja jos riittävää kysyntää heidän laitteilleen ei saada, valmistaja voi lopettaa laitteiden tuotannon kokonaan. Tästä syystä tulee olla tarkkana minkä standardin alla kyseiset laitteet toimivat. Laitteen toimintaa ja tiedonsiirtoa ohjaava ohjelmisto sekä laitteen käyttöjärjestelmä tulee myös huomioida.

8.4 Laitteiston valinta

RFID-järjestelmän komponenttien valinnassa on ensisijaisesti päädytty valitsemaan käyttöön kannettavia lukijoita näytteitä kerääville henkilöille. Näytepisteille vastaavasti hankitaan kovamuoviset tunnisteet ja näytepurkkeihin myös tarrapohjaiset tunnisteet onnistu-

neen kokeen pohjalta. Laboratoriossa tulee olemaan käsimallinlukijat, jotka ovat lähes vastaavia kaupoissa olevista viivakoodilukijoista. Valintaan vaikuttivat laitteiston muodostama kokonaishinta ja sillä saavutettava hyöty, prosessin toimivuus ja laitteiston tarvitsema huolto sekä huoltokustannusten minimointi. Näiden lisäksi yhtenäinen järjestelmä helpottaa henkilöstöä ottamaan laitteet käyttöön. Yhtenä kriteereistä oli lukijan IP-luokitus, jotta se kestää pudotuksen ja altistumisen lialle.

Taajuusalueena tulee toimimaan 13,56 MHz:n eli HF-alue, koska tämä ei ota paljoa häiriötä metalleista tai nesteistä ja vastaavasti luku-/kirjoitusetäisyys on rajoittunut alhaisemmaksi induktiivisen kytkeytymisen johdosta. Myöskään lukijan ei tarvitse olla tunnistessa kosketusetäisyydellä tunnistetiedon lukemiseksi. Riittävän alhainen lukuetaisyys on tärkeä, koska jos lukija toimii korkealla taajuusalueella, lukuetaisyys kasvaa ja laite voi lukea useampia tunnisteita näytepurkeista samanaikaisesti. Seuraava mahdollinen käytettävä taajuusalue olisi ollut UHF, ja tällä saavutettava lukuetaisyys on parhaimmillaan jo muutamia metrejä. Tämä aiheuttaa sen, että jos kohdistettavan näytepurkin lähellä on muita näytepurkkeja, saattaa järjestelmään kirjautua myös näiden tunnistetiedot. Lukuetaisyyttä voidaan jonkin verran rajoittaa, mutta lukulaitteen lähettämä signaali on joka tapauksessa laaja. Esimerkiksi jos lukulaitteen lukuetaisyyttä rajoitetaan y-suunnassa, kasvatetaan lukulaitteen lukuleveyttä x-suunnassa.

NFC-tekniikan hyödyntämistä pidettiin myös yhtenä vaihtoehtona, jolloin olisi voitu hankkia edullisempia lukulaitteita. NFC-lukijoina olisi ollut vaihtoehtoisesti Nokian C7 -puhelin tai Samsungin ja Googlen kehittämä Nexus S Android -puhelin. Järjestelmä olisi muodostunut joko NFC-laitteista, HF-alueen laitteista tai HF- ja NFC-alueen yhdistelmästä, jolloin voidaan hyödyntää paremmin vaativimpiin olosuhteisiin käytettäviä kannettavia lukulaitteita puhelimen tilalla. Vastaavasti puhelimia voitaisiin käyttää puhtaammilla näyteteipisteillä. NFC-puhelimeissa sovellus tehdään puhelimen mukaan suoritettavaksi sovellukseksi, joka asennetaan puhelimeen. Tämä asennusohjelma voi sitten sijaita muistikortilla, verkossa tai laitteen muistissa, ja laitteen rikkoontuessa sen voi siirtää uuteen puhelimeen ja asentaa käytetty sovellus siihen.

HF- ja NFC-tekniikan yhdistäminen on mahdollista, jos lukulaite tukee NFC-tunnisteiden lukemista, mutta vastaavasti joistakin myytävistä NFC-puhelimesta löytyy tuki HF-standardille ISO15693, kuten Samsung Nexuksesta. Kustannuksia laitteiden yhteensovit-

taminen kuitenkin lisää jonkin verran, sillä Nokia on hieman Android puhelimia alkeellisempi, ja tämän vuoksi Android-sovelluksen tekeminen ja puhelimen ja Merlin lukijan toiminnallisuuksien yhdistäminen vaatii enemmän aikaa sekä suunnittelua. Toiminnallisuuksien yhdistämisellä tarkoitetaan laitteiden toimintojen tarkistamista, testausta sekä muuttamista, jotta ne kirjoittavat tunnisteille samalla tavalla tiedon. Myös laitteiden käyttöä rinnakkain voidaan harkita, jolloin hankitaan molempien standardien mukaiset tunnisteet ja lukijat ja huolehditaan näiden pysymisestä omilla alueilla.

Näytepisteille asetetaan tunnisteet, joissa on tunnistetietona näytteenottopaikan nimi. Kun näytettä mennään ottamaan, luetaan näytepisteen tunniste ja saadaan haettavalle näytteelle nimi. Tämän jälkeen voidaan kopioida näytepisteen tunnistetieto ja kirjoittaa se näytepurkin tunnisteelle aikaleiman kanssa. Kun lukijalaitteet toimivat nyt langattomasti, siirtyvät järjestelmään automaattisesti lukutapahtuman jälkeen tiedot näytteenotosta, kun ollaan Bluetooth- tai WLAN-alueella lukijan mukaan. Langattomuuden ansiosta saadaan päivitettyä automaattisesti SAP-järjestelmään tiedot näytteistä. Kun lopuksi näytteet tuodaan laboratorioon ja ne otetaan vastaan, ne luetaan ja SAP-järjestelmään saadaan suoraan myös näytteiden tuloaika laboratorioon. Näytteiden saapumisaika laboratorioon oli lisä tämän varsinaisen näytteenottoajan lisäksi, sillä saapumisajan perusteella voidaan nyt seurata laboratorion läpimenoaika näytteelle. Jos vastaavasti käsilukija ei ole Bluetooth- tai WLAN-alueella, luetut tunnistetiedot pysyvät laitteen muistissa niin kauan, että ne ladataan järjestelmään kaapelin kautta tai astutaan Bluetooth- tai WLAN- alueelle. WLAN- toiminnan käyttöä ajateltiin myös siitä syystä, että voitaisiin ladata kentältä tiedot näytteenottamisen lisäksi henkilön olinpaikasta ja tarvittaessa pyytää ottamaan jostain tarpeelliseksi katsotusta kohteesta ylimääräinen näyte.

Lukijan toiminta tulee ohjelmoida toimimaan siten, että kentällä olevan henkilön ei tarvitse painella ylimääräisiä painikkeita, vaan tagi voitaisiin lukea, kopioida ja kirjoittaa yhdellä painikkeella, tai sitten näille kolmelle tehtävälle ohjelmoidaan omat napit, joita painamalla toimenpiteet suoritetaan. Sovellusta tehtäessä tulee huomioida myös käyttäjän mahdolliset laitteella tekemät virheet, eli jos vahingossa kirjoittaa tunnisteelle uudelleen tai painaa väärää painiketta. Näistäkään ei saisi seurata mitään peruuttamatonta virhettä. Nämä asiat otettiin huomioon lukijan ohjelmoinnissa, eli lukijalle tehtiin omat sovellukset näytepisteiden nimeämiseen sekä varsinaiseen näytepurkkien tiedon kirjoittamiseen. Näin ei voida ylikirjoittaa näytepisteiden nimeä tai muuta vastaavaa.

Investoitavia laitteita ei näin ollen tulisi kuin NFC-puhelimet tai HF-lukijat ja kentälle sijoitettavat näytenpisteiden tunnisteet sekä näytenpurkkeihin asetettavat tunnisteet. Tähän lisätään myös mahdolliset tarvittavat ohjelmointikustannukset itse laitteelle, jos ohjelman kehittäminen ostetaan ulkopuoliselta taholta tai laitteen jälleenmyyjältä.

Näytenpurkkeihin asetettavien tunnisteiden hinta määräytyy siis niiden suojauksen ja laadun perusteella, joten yhtenä mahdollisuutena on hankkia kestäviä muovipääällysteisiä tunnisteita ja kierrättää näitä käyttöön loppuun saakka. Suurimmalla osalla uudelleen kirjoitettavia tunnisteita luvataan uudelleen kirjoitusmääräksi 100 000 kertaa ja kirjoitetun datan säilymisajaksi 10 vuotta, jotka riittäisivät tässä tapauksessa. Esimerkiksi jos hankitaan viikon näytemäärää vastaava määrä tunnisteita, pystyttäisiin varmasti luomaan riittävä kiertokulku järjestelmässä ja vastaavasti saadaan riittävän hyvä kotelointi/suojaus tunnisteelle. Myöhemmin näitä voidaan lisätä katsotulla tavalla tarpeen ja joustavan toiminnan takaamiseksi. Kuvioissa 9 ja 10 on esitetty testattavana olleet tunnisteet ja lukijat Sensorilta ja Finn-ID:ltä.



KUVIO 9. Vasemmalta oikealle esitettynä, Pepperl+Fuchs 13,56 MHz:n taajuudella toimiva laminoitu tunniste, Pepperl+Fuchs 125 KHz:n taajuudella toimiva avaimenperä tunniste sekä Finn-ID:n toimittama ja UPM Raflatacin valmistama UPM ShortDipole UHF -tunnistetarra (Pepperl+Fuchs Identification Systems Catalogue, 2009; UPM Raflatac Oy, 2012)



KUVIO 10. Vasemmalta oikealle esitettynä, Pepperl+Fuchs 13,56 MHz:n taajuudella toimivat käsilukija ja kiinteä pöytälukija. Pepperl+Fuchs 125 kHz:n taajuudella toimiva pöytälukija sekä Nordic ID Merlin 13,56 MHz:n käsilukija (Pepperl+Fuchs IQT1-HH20 Handheld manual, 2010; Pepperl+Fuchs IPT-FP with U-P3-RX manual, 2010; Pepperl+Fuchs IQH1-FP-V1 manual, 2011; Nordic ID, 2012)

8.4.1 Testatut tunnisteet

Testiin saaduissa muisteissa 13,56 MHz:n taajuudella toimivalla tunnisteella oli 2 kBit:n Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory (EEPROM) -muisti ja tämän lisäksi 64 Bit Read-Only Memory (ROM)- eli Vain luku -muisti. Tunniste oli laminoitu ohuilla muovilevyillä, ja näin se suojaa itse antennia ja mikrosirua. Tunniste kesti myös taivuttelua hyvin, eli esimerkiksi se voitaisiin hyvin kiertää näytepurkin kylkeen. Kooltaan tunniste oli myös hyvin kompakti, vain puolen millin vahvuinen ja 30 mm x 40 mm, ja näin se voidaan sijoittaa pieneenkin tilaan. 125 kHz:n tunnisteella muistin koko oli 928 Bit EEPROM ja 32 bit ROM. Tämä oli rakenteeltaan huomattavasti jyrkempi tunniste, kovamuovista valmistettu avaimenperä. Kooltaan se vastasi edellä mainittua laminoitua tunnistetta, mutta paksuus oli 5 mm. Molemmissa näissä tunnisteista koteloitiluokitus on IP-67. Lukijalta voidaan valita kirjoitettavan koodin pituus, eli maksimissaan voidaan kirjoittaa tunnisteeseen mukaan joko 968 tai 2048 bittiä tietoa. (Pepperl+Fuchs Identification Systems Catalogue, 2009.)

Finn-ID:n toimittamat UHF-alueen tunnistetarrat olivat samanlaisia kuin ne, joita voidaan erilaisilla RFID tulostimilla tulostaa tai hankkia rullatavarana. Tunnistetarrat olivat UPM raflatacin valmistamia UPM ShortDipole -tunnistetarroja. Tunnisteet toimivat 860–960

MHz taajuusalueella, ja lähetystehoa voidaan muuttaa lukijalaitteen mahdollistaessa. Tunnisteilla oli 128 bit:n sähköinen tuotekoodi, ja tunnisteiden luvataan toimivan $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tunnistetta voidaan myös taivuttaa, ja kun halkaisija on minimissään 50 mm, vetoa/jännitettä tarra kestää 10 N. Tunnisteiden protokollana on EPC Class 1 Gen 2, eli tunnisteella on pelkkä tuotekoodi, ja sille ei voida kirjoittaa tietoa.

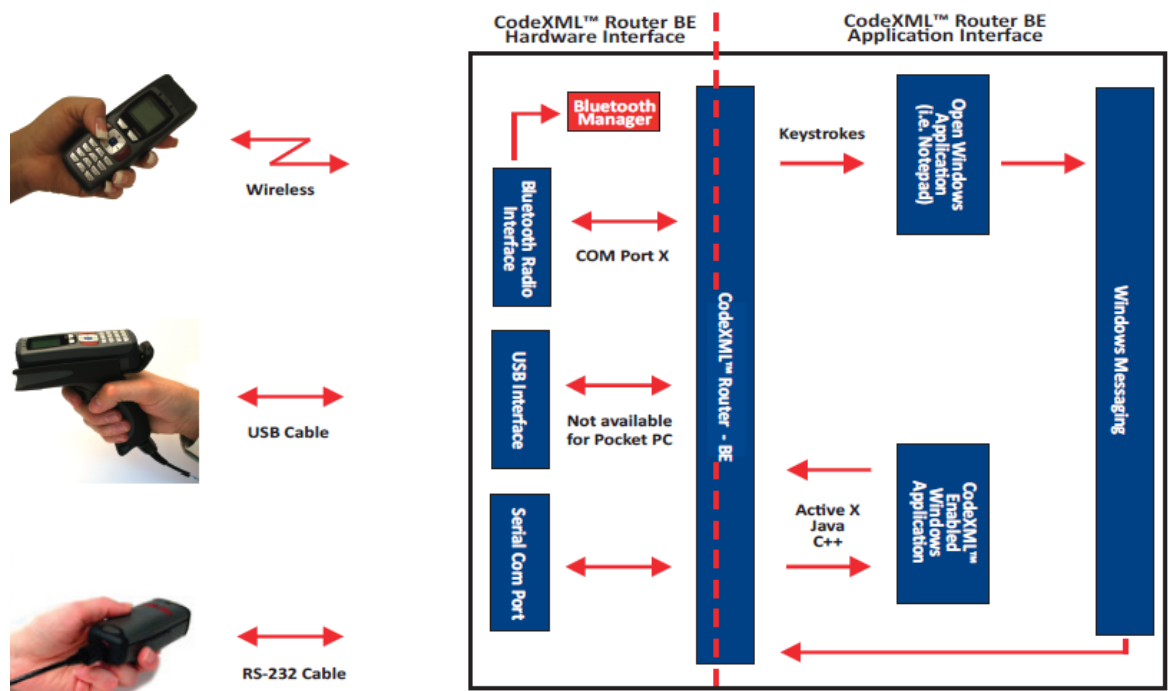
Hintavertailua tehtiin Sensorin tarjoamien tunnisteiden, UPM Raflat Oy:n, Cardplus Oy:n sekä Sareskoski Oy:n välillä. Testattavana olleet 13,56 MHz:n tunniste ja lukija olivat standardin ISO/IEC 15693 ja ISO/IEC 18000-3 alaisia ja myös UPM Raflatec sekä Cardplus tarjosivat tämän taajuusalueen tunnisteita. Pääasiassa muistit, joita yleisesti tarjotaan eri sovellusalueeseen, ovat passiivimuisteissa kooltaan maksimissaan 2 kilotavua, joka riittää perustiedon tallentamiseen tunnisteelle. Tätä suurempiakin tunnisteita on myös tarvittaessa saatavana eri sovelluksiin valmistajakohtaisesti, ja aktiivitunnisteita käytettäessä voidaan kasvattaa muistin kokoa entisestään.

8.4.2 Testatut lukijat

Sensorilta saadun Pepperl+Fuchs- käsilukijan ohjelmisto on JavaScript- pohjaista koodia, ja laitteelle voidaan tällä tehdä lisää haluttuja sovelluksia. JavaScriptiä käyttämällä määritellään myös laitteen datan muoto eli se, missä muodossa, esimerkiksi ASCII tai HEX koodina, data saadaan ulos. Käsilukijalla on myös toimintaa helpottavat kolme ohjelmoitavaa näppäintä, joihin voidaan asettaa tietyn mittaisen tietueen lukeminen tunnisteelta, halutun mittaisen ohjelmakoodin kirjoittaminen tunnisteille, Vain luku -tiedon lukeminen tunnisteelta sekä tunnisteiden muistin ylikirjoittaminen. Lukijalla on myös mahdollista kopioida toisen tunnisteiden datasisältö ja tallentaa tämä tieto seuraavalle uudelle tunnisteelle, mikä laitteen toiminnalta oli toivottuakin. Luku/kirjoituslaite oli ohjelmoitu kirjoittamaan tunnisteelle pelkkä tunnistetieto, mutta tämä on mahdollista muuttaa ohjelmakoodia muokkaamalla tallentamaan tunnistetiedon lisäksi aikaleima. Aikaleima oli testivaiheessa sidottu ainoastaan tunnisteiden lukutapahtumaan, ja tunnistetieto ja aikaleima näkyivät luku-/kirjoituslaitteen muistissa.

Lukijan ja tietokoneen välinen tiedonsiirto hoidetaan omalla ohjelmistolla, joka pystyy välittämään tietoa molempiin suuntiin laitteiden välillä. Pepperl+Fuchs- lukijalta saatava

tieto tietokoneelle on käyttöön valittavan merkistön mukaan, joko American Standard Code for Information Interchange-(ASCII), heksadesimaali-(HEX) tai desimaali(DEC)-muodossa oleva merkkijono. Helpoin näistä kolmesta on käytännössä ASCII- kieli, sillä siinä nähdään syötetty tunnistetieto sellaisena kuin se on. Myös kellonaika ja päivämäärä nähdään normaalissa muodossa. Laite ei testauksessa tarvinnut erillistä ohjelmistoa tiedon välittämiseen tietokoneen ohjelmistoon tai tekstikenttään, ja tässä tapauksessa päädyttiin ohjaamaan lukijalta saatava data suoraan USB-portista SAP-järjestelmään. Ohjelmistolla voidaan kuitenkin myös ohjata tieto toiseen ohjelmaan tai suoraan SAP-järjestelmään sekä päivittää itse laitteen ohjelmistoa. Kuviossa 11 on esitetty Pepperl+Fuchs-lukijan kommunikointi tietokoneen kanssa vaihtoehtoisen ohjelmiston avulla.



KUVIO 11. Pepperl+Fuchs luku/kirjoituslaitteen kommunikointi tietokoneen kanssa hyödyntäen CodeXML Router ohjelmistoa (Code Corporation, 2009)

Lukulaite lähettää haluttaessa muistiin tallentuneet tiedot joko sitä mukaa kuin tunnisteita luetaan tai vastaavasti voidaan lähettää tunnistetiedot yksitellen tai kaikki kerrallaan, mutta kuitenkin yksittäisinä datapaketteina. Lukija kommunikoi langattomasti Bluetoothin avulla osoitetun tietokoneen MAC-osoitteen kautta. Jos lukijalaite ei ole Bluetooth-alueella, se

pitää tiedot muistissa ja ne ladataan mahdollisuuden tullen joko langattomasti tai käyttäen Universal Serial Bus- (USB), Recommended Standard 232- (RS-232) tai Personal System/2 (PS/2)-liityntää. Bluetooth-kommunikointia testatessa tiedonsiirto ei onnistunut ollenkaan, eikä tämä näin ollen vakuuttanut toiminnan luotettavuudella. Tietokone tunnisti laitteen ja sai luotua siitä laiteparin koneelle, mutta tiedonsiirron aikana laite katkaisi yhteyden koneeseen. USB-väylä osoittautui näin ollen hyvin toimivaksi ja helppokäyttöiseksi tehdasympäristössä.

Käsilukijalla tehtyt lukutestit suotuisissa olosuhteissa ovat datalehdessä luvatus etäisyyden mukaisia, eli kun tunniste oli täysin lukualueella, lukuetaisyydeksi saatiin sama kuin ilmoitettu eli n. 45 mm. Kun tunniste oli lukualueella puoliksi, saatiin lukuetaisyydeksi n. 35 mm, ja peittämällä tunniste noin neljänneksen lukualueella saatiin lukuetaisyydeksi n. 11 mm. Kun tunniste sijoitettiin metallin päälle, lukuetaisyys pieneni täydellä lukukentällä hyvin pieneksi tai katosi lähes kokonaan.

Pöytämallinlukijalla vastaavanlaisia testejä tehtäessä lukuetaisyys oli lähes sama kuin käsilukijalla, mutta tunnisteiden peittävää lukualuetta muuttamalla pöytämallin lukijalla saatiin hieman pienemmät lukuetaisyydet kuin käsilukijalla. Tunnisteiden lukunesteiden (käsivarsi) läpi onnistui kuitenkin pöytälukijalla huomattavasti kannettavaa paremmin matalan taajuusalueen vuoksi, sillä pöytälukija havaitsi tunnisteiden n. 40 mm:n etäisyydeltä, kun taas käsilukija ei tunnistanut ollenkaan. Metallin päälle sijoitetun tunnisteiden lukeminen onnistui pöytälukijalta myös hieman paremmin.

Sensorilta testattavana ollut pöytälukija oli 125 kHz:n taajuudella toimiva lukija-/kirjoitinpää, mutta toiminnaltaan se vastasi kuitenkin paljon 13,56 MHz:n lukijaa. Kiinteälle pöytälukijalle on myös oma ohjelmistonsa, RFID Control, jolla siirretään vastaavalla tavalla tunnisteiden tiedot ohjelmaan. Pöytälukijaa ohjataan tietokoneelta ohjelmiston kautta ja sieltä valitaan, luetaanko vai kirjoitetaanko tietoa tunnisteelle. Molemmat toiminnot voidaan asettaa myös jatkuvaan tilaan, eli se lähettää koko ajan kyselyä tunnisteelle ja joko vastaanottaa datan tai tallettaa sille halutun tiedon. Data saadaan siirrettyä tunnisteelta tietokoneelle ohjelman avulla .log- tiedostona, joka voidaan avata käyttämällä Notepad- ohjelmaa. Tunnisteiden tieto on tallentunut sinne siinä muodossa, missä se ohjelmassa tallennettiin. Koodi voidaan tallentaa joko ASCII- tai HEX-muodossa. Molemmat ohjelmat tulevat myös Windows 7 -käyttöjärjestelmää.

Finn-ID toimitti testattavaksi mainostamansa ja Nordic-ID:n valmistaman Merlin-lukijan UHF-taajuusalueelle. Lukija herätti kiinnostusta, koska se oli toiminnoiltaan hyvin monipuolinen ja myös sen pystyi räätälöimään vaatimuksien mukaan. Käyttöjärjestelmä laitteessa oli Windows CE 6.0, ja vastaavalla Windows-pohjaisella käyttöjärjestelmällä on mahdollisesti tulossa myös päävaraston tuotteiden seurantaan tarkoitetut viivakoodilukijat. Lisäksi tähän RFID-lukijaan on saatavana myös viivakoodi-lukupää, jolloin laitteella voidaan lukea sekä tageja että 1D- ja 2D-viivakoodeja. Tämän mallin käyttöönotto voisi yhtenäistää käyttöjärjestelmän ansiosta laboratorion RFID-sovelluksen sekä varastohallinnan ja antaisi myös mahdollisuuden molempien laitteiden rinnakkaiseen käyttöön esimerkiksi laitteessa olevan sovelluksen vaihdon avulla, jolla määritetään luetaanko viivakoodeja vai tageja. Finn-ID ei kuitenkaan tee sovelluksia HF-alueen lukijoille, vaan kaikki toteutetut projektit ovat olleet UHF-alueelle.

Testiin saatu Merlin RFID -lukija toimi UHF-taajuusalueella, ja sillä oli mahdollista lukea myös 1D- ja 2D-viivakoodeja, joita testattiin ensin ja myöhemmin tälle saatiin myös tunnistetarroja, jotta voitiin kokeilla tagin luku-/kirjoitusprosessia. Laitetta saa UHF-alueen lisäksi myös HF-alueella, ja laite poikkeaa UHF-lukijaan verrattuna vain taajuusalueeltaan. Laite oli WLAN- ja GPRS-toiminnoilla varustettu, mutta laitteen demopohjainen ohjelmisto RFID- ja viivakoodin toimintojen lisäksi rajoitti näiden yhteyksien käyttöä. Laitteen eri toimintojen hyödyntäminen vaatii erilaisia ohjelmistoja, kuten tavallinen tietokone, ja esimerkiksi laitteen etäkäyttö WLANin kautta tapahtuisi tällaista käyttämällä. Joka tapauksessa laitteella pääsee internet selaimeen kuten tietokoneella, ja tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi datan siirrossa. Aikaleiman asettaminen ei myöskään onnistunut demosovelluksissa, sillä se asetetaan käyttöjärjestelmästä ohjelmallisesti, mutta sekin löytyy.

Tiedonsiirto laitteelta tietokoneelle toimii kuitenkin lähes samalla tavalla kuin Perl+Fuchs-käsilaitteella, eli datan muoto on ohjelmallisesti määriteltävissä myös tässä laitteessa. Viivakoodi ja tagin tunnistetieto siirtyivät laitteessa Wordpad-ohjelmaan ja se voitiin tallentaa omana tiedostonaan laitteen alihakemistoon. Sieltä se voidaan esimerkiksi siirtää tietokoneelle ActiveSyncin kautta ja avata tiedosto tekstieditoriin. Ohjelman avulla laitteen tiedostoja pääsee selaamaan kuten kiintolevyä tai muuta ulkoista laitetta, joka on liitetty tietokoneeseen.

Testauksen alkuvaiheessa kokeiltiin tavallista viivakoodin lukua, koska tageja laitteelle ei heti ollut käytettävissä. Viivakoodin laadun ja koon mukaan laite lukee viivakoodin parhaillaan n. 40–50 cm:n päästä, jos koodi on suurella tulostettu. Vastaavasti pienet viivakoodit joudutaan lukemaan lähempää n. 20–30 cm:n etäisyydeltä. 2D- eli matriisikoodia laite lukee myös vastaavalta etäisyydeltä. Viallisten tunnisteidien, eli jos jostain syystä viivakoodi on haalistunut tai osittain vaurioitunut, lukeminen onnistui myös, vaikkakin heikosti. Lukutapahtuma perustuu laitteen ottamaan kamerakuvaan tunnistesta, josta se etsii 1D- tai 2D-viivakoodin, ja asetuksista on mahdollista ottaa käyttöön myös kamerakuvan esitys skannauksen aikana, jolloin nähdään, mihin laitteella osoitetaan. Varaston henkilöstö oli kuitenkin sitä mieltä, että lukuetaisyys on riittämätön sen tarpeisiin, eli tällä jouduttaisiin menemään lähes jokaisen tuotteen viereen lukemaan viivakoodi. Tästä syystä katsottiin paremmaksi hankkia erikseen pitkän kantaman viivakoodilukijat varaston käyttöön sekä erikseen laboratorioon ja tarvittaessa muualle RFID-lukijat.

Lukukokeita tunnistetarroille kokeiltiin muuttamalla lukijan lähetystehoja 10–200 mW ja lukuetaisyudeksi saatiin 0,2–1,6 m kiinnitettäessä tunnistetä kiviseinään. Kiinnitettäessä tunnistetä muoviin saatiin hieman pidemmät lukuetaisyudet, 0,4–1,6 m. Tunnisteen sijoittaminen suoraan metallin pintaan estää tunnisteen lukemisen kokonaan. Jos metallin ja tunnisteen välille asetetaan esimerkiksi 3 mm:n eristekerros paperia, saadaan ko. tunnistetä luettua. Lukijan lähetystehoja muuttamalla voidaan joko rajoittaa tai kasvattaa tunnisteen lukuetaisyyttä, jota tässä tapauksessa rajoitettaisiin useiden tunnisteidien lukemisen minimoimiseksi. Luku nesteidien (käsivarsi) läpi ei onnistunut. Tunnisteidien kirjoittaminen ei onnistunut testiin saadulla lukijalla rajoitetulla ohjelmistolla, ja myös testiin saadut tunnistet olivat Vain luku -muistilla, mikä olisi estänyt mahdollisen kirjoitustapahtuman.

UHF-lukijalla on huonona ominaisuutena sen lukusäteen kantavuus ja mahdollisuus lukea useita tunnistetä yhtäaikaaisesti. Kun tunnistet on sijoitettu lähekkäin, vastaavalla tavalla kuten näytepurkit telineessä, lukija voi mahdollisesti lukea useimmat tunnistet kerralla. Laitteen demo-ohjelma osaa luetella tunnistet luettelon omaisesti ja erittelee omalla ID:llä olevat tunnistet allekkain. Vastaavasti jos on useampi samalla nimellä, se laskee nämä saman ID:n alle, kuten Finn-ID:n tunnisteidien tapauksessa kävi.

Laitteessa olevalla ohjelmistolla sekä käyttöliittymällä on suuri merkitys lopullisessa laitteen käyttämisessä, sillä kaikki tapahtuu sen kautta. Verrattaessa näitä kahta lukijaa antaa

Merlin huomattavasti nykyaikaisemman kuvan toiminnastaan. Käyttöympäristönä tässä toimii Windows CE, kun taas Pepperl+Fuchsin lukijassa on yrityksen oma javapohjainen ratkaisu harmaasävyntäytöllä. Käyttöliittymän valinnassa merkittävää on operoinnin helpous. Myös muiden laitteiden ja ohjelmien yhteensopivuus käyttöliittymän kanssa on tärkeää. Muutaman koekäyttäjän kokeiltua Nordic ID -lukijaa lähes kaikki totesivat sen mielekkäämmäksi käyttää ja sillä operoiminen oli helpompaa kuin Pepperl+Fuchs-lukijalla. Luultavasti tähän vaikuttaa se, että suuri osa ihmisistä käyttää hyvin paljon tietokoneita ja näissä lähes kaikissa on jokin Windows-käyttöympäristö, jotka kaikki muistuttavat hyvin paljon toisiaan riippumatta versiosta.

Laitevalinnoissa oltiin yhteistyössä Oulussa toimivan suomalaisen teollisuusautomaation komponenttien maahantuojan Sensor Oy:n sekä vantaalaisen logistiikan toiminnanohjausratkaisuja tekevän Finn-ID:n kanssa. Tuotevalikoimassa Sensorilla oli Pepperl+Fuchs:n valmistamia RFID-laitteita. Se toimitti tehtaalle käsikäyttöiset ja kiinteän lukijan (KUVIO 9.) ja näille muisteja (KUVIO 8.), joilla päästiin ennen varsinaista laitteiston hankkimista kokeilemaan vastaavien laitteiden toimintaa. Finn-ID:n toimittama lukija saatiin kahdeksi viikoksi testattavaksi ja tämä lukija oli toinen mahdollinen vaihtoehto. Laite oli toiminnoiltaan huomattavasti monipuolisempi sekä hinnaltaan hieman edullisempi. Näiden kahden laitetoimittajan lisäksi kysyttiin vielä tarjous TopTunnisteelta, joka myi UPM Raflatacin tunnisteita pienemmissä määrissä, ja sieltä tarjottiin myös NFC-ratkaisua HF-lukijoilla toteutettavan sovelluksen lisäksi. Sensorilla ja TopTunnisteella tarjoukset olivat lähes samanlaiset, ja erona olivat käytettävät laitteet. Lopuksi päädyttiin ottamaan RFID-järjestelmän kokoonpano pilot-ympäristöön TopTunnisteelta.

8.5 RFID-järjestelmän integroiminen SAP-rajapintaan

Suurimpana haasteena hankkeessa oli ohjelmistojen ja laitteiden yhteensovittaminen automaatiojärjestelmään ja laitteelta saatavan datan siirtäminen SAP-tietokantaan. SAP-ohjelmaan datan siirto RFID-lukijalta toteutetaan erillisellä räätälöidyllä SAP-transaktiolla, joka hankittiin ulkopuoliselta taholta. Tämän transaktion kenttiin syötetään RFID-lukijalla näytetietä.

Laitteella olevan datan siirto WLAN-lukijalla siirrettäisiin mahdollisesti HTML-palvelimen tai USB-väylän läpi ilman erillistä väliohjelmistoa SAP-järjestelmään. Se, miksi erillistä väliohjelmistoa ei mielellään haluta hankkia laitteen tiedon siirtämiseen tietokoneelle, johtuu siitä, että jos jostakin syystä laitteen datasiirtoa hoitavassa ohjelmistossa tulee ongelmia, järjestelmä seisoo ja pahimmillaan mitään ei tapahdu. Eli RFID-lukijalla näytepistetieto saadaan siirrettyä suoraan SAP-transaktioon kierrättämättä näytepistetietoa esimerkiksi Excel -taulukon kautta.

Tehtaalla on käytettävissä WLAN-verkko, jota voitaisiin hyödyntää näytepistedatan siirtämiseen. Verkossa on kuitenkin prosessialueilla katvealueita, joiden takia tämän käyttö koettiin ongelmalliseksi. Tähän olisi jouduttu tekemään verkon kartoittaminen kantoalueen selvittämiseksi ja tukiasemien lisäämiseksi, mikä taas olisi vaatinut paljon työtä ja näin ollen WLAN-käyttö suljettiin pilotista pois.

Tiedot näytteestä voidaan vaihtoehtoisesti tulostaa myös paperille, myös muille laboratorion laitteille käytettäväksi näytepistedatan sisään lukuun. SAP RFID-liitännäissovellus muodostaa myös ICP:n (Inductively coupled plasma) ajosekvenssin, joka ladataan ICP:hen ajon alkaessa. Ennen analyysiä vastaava henkilö tarkistaa ladatun sekvenssin oikeellisuuden. Ajon jälkeen henkilön tehtävänä on tarkastaa tulokset sekä siirtää ne sen jälkeen SAP-järjestelmään.

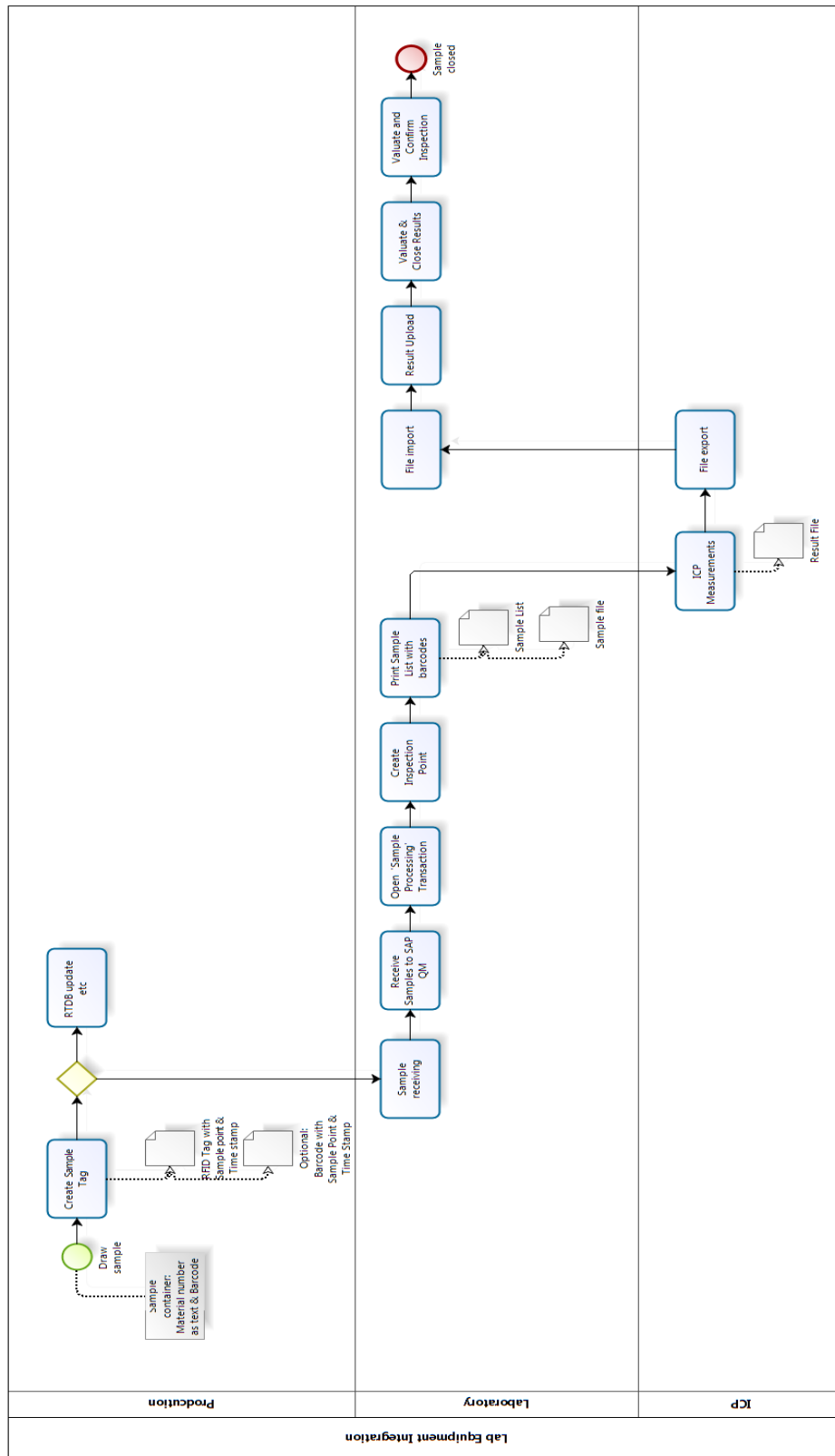
SAPin lisäksi tiedot eri prosessin mittauksista siirtyvät analysointien jälkeen ABB:n reaaliaikaiseen tietokantaan RTDB:lle. RTDB on tehtaan käytössä oleva tietokantajärjestelmä, johon tallentuvat kaikki tiedot eri prosessien mittauksista sekä tehdyistä analyyseistä.

Kuviossa 12 on esitetty järjestelmän rakenne. Tämä muodostuu kolmesta eri osa-alueesta, jotka ovat tuotanto, laboratorio ja ICP. Tuotannon osassa tuotelinjalta haetaan näyte, ja siihen asetetaan tunnistemissa on näytepisteen nimi sekä aikaleima.

Tämän jälkeen näytteet viedään laboratorioon, jossa ne vastaanotetaan ja luetaan SAP-transaktioon. SAP-transaktion avulla luodaan ICP:lle ajosekvenssi, jonka näytteenottava henkilö tarkastaa ennen ajoa.

Tämän jälkeen ajosekvenssi ladataan ICP:hen, näyte analysoidaan ja tämä luo tiedot analyysistä. Laboratorion henkilön tehtävänä on siirtää tiedot analyysistä SAP-järjestelmään, tarkastaa tulokset ja vahvistaa ne sekä lopuksi sulkea näyte järjestelmään.

Opinnäytetyö sijoittui pääasiassa tuotannon osa-alueeseen ja laboratorion alkuun transaktiovaiheeseen.



KUVIO 12. Kokonaiskuva SAP-prosessin muodostumisesta

8.6 Testiympäristön rakentaminen ja järjestelmän kokeilu

Kuten aikaisemmin on jo mainittukin, testiympäristö päätettiin rakentaa laboratorion ja liuoton välille. Finn-ID:ltä saatuja tunnisteita päätettiin kierrättää kentällä muutamissa näytepurkeissa jo ennen pilotlaitteiston hankintaa, jotta voitiin nähdä, kestävätkö tunnistetarrat käyttöä ja altistumista lialle, näytepurkkien pesua ja tunnisteisiin kohdistuvat mahdollisia osumia. Vajaa parikymmentä tunnistetarraa laitettiin liuottoon meneviin näytepurkkeihin. Liuotto valittiin varsinaiseksi kohdeympäristöksi järjestelmän kokeilemiseen. Kyseisissä tunnisteissa oli pelkkä ID, ja näihin ei kentällä kirjoitettu tai niitä ei luettu, vaan tunnisteet laitettiin kentälle ja laboratoriossa tunnisteiden ID:t luettiin ja tarkistettiin pysyivätkö ne mukana ja olivatko tunnisteet ehjiä.

Tunnisteet laitettiin kentälle torstaipäivänä ja osa niistä saatiin kentältä seuraavan viikon maanantaiaamuna. Ensi silmäykseltä näytti, että tunnisteet eivät todennäköisesti ole pysyneet eivätkä kestäneet kentällä, kun katsoi korissa olevia likaisia purkkeja. Kun näytepurkki nostettiin korista, siinä kiinni oleva tunniste näytti kaikesta huolimatta lähes uudenveroiselta, ei mitään rikkeimiä tai irtautumista purkista. Tunnisteen sai myös heti ongelmitta luettua ja ID-tiedon sai tunnisteelta lukijalle. Jälkeenpäin kokeiltiin vielä pikaisesti pestä tunniste ja lukea tämä kevyen kuivauksen jälkeen ja myös se onnistui. Tunnistetarrojen lukuetaisyys oli ainoa asia joka saattoi heikentyä kentältä tulon jälkeen, mikä johtui liasta tunnisteen pinnassa. Tämä vaikutti luultavasti siksi, että käytössä olivat UHF alueen tunnisteet, jotka ovat herkempiä signaalin heijastumiselle ja vaimenemiselle, mutta myös tunnisteen taittuminen purkin ympärille heikentää jonkin verran signaalia. Tärkeintä oli kuitenkin nähdä se, että itse tunniste toimi.

Kaiken kaikkiaan tunnistetarroista jäi positiivinen kuva ja niitä voitaisiin ajatella nyt käytettäväksi kentällä entistä paremmin. Tarroissa käytetään pintamateriaalina 60 µm:n paksuista polypropeenikalvoa, johon voidaan tulostaa visuaalista tietoa. Tunnistetarrana ajateltiin käytettävän valkoista muovipintaista tunnistetarraa, jolloin siihen saadaan näkyvä tuloste ja vastaavasti se pysyy muovipinnan ansiosta puhtaana. Pilottiin hankittiin 500 kpl UPM Raflatacin valmistamia HF Bull's eye -tunnistetarroja, jotka ovat n. 40 mm halkaisijaltaan olevia 1 kbitin muistilla olevia pyöreitä tunnisteita. (KUVIO 13.) Näissä oli kuitenkin toimitusvaikeuksia, ja malli vaihtui suorakulmionmalliseen kirkaspintaiseen, UPM MiniTrack tunnisteeseen ja lisäksi kokeiltavaksi saatiin neliön mallinen UPM Block

tunniste. (KUVIO 13.) Kentälle näytepisteille vastaavasti valittiin kuvassa 13 keskellä esitetty pleksiin kiinnitetty laminoitu tunniste.

Lukijaksi pilot-ympäristöön valittiin kuviossa 14 esitetty Nordic ID:n Merlin lukija ja laboratorioon OBID:n valmistama PRH 101 -käsilukija, joka on hieman samannäköinen kuin kauppojen viivakoodilukijat. Tämän toiminta vastaa Pepperl+Fuchs'n lukijaa, eli se toimii ns.näppäimistön emulointina, erona lähinnä erillisen näppäimistön puuttuminen.



KUVIO 13. Näytepisteille ja näytepurkkeihin valitut tunnisteet



KUVIO 14. Laboratorioon sekä kentälle valitut OBID PRH101 ja Nordic ID Merlin lukijat

Järjestelmän laitteiden ja ohjelmien toiminta kokeiltiin käyttämällä korvaavia tunnisteita, jotta saatiin opetettua laitteiden käyttö näitä tulevaisuudessa käyttäville henkilöille. Laboratoriossa valittiin tietokone, johon laitteisto tullaan asettamaan, ja asennettiin siihen ajurit. Merlinillä tunnisteiden kopioiminen ja kirjoittaminen kokeiltiin myös kentällä niin kuin se tullaan tekemään. Merlinin käyttöä havainnollistettiin liuotossa siellä työskenteleville henkilöille.

Laitteiston toimintaa käytiin kokeilemassa muutamilla tunnisteilla eri näytepisteillä, ja tunnisteiden luku- ja kirjoitustapahtumat onnistuivat hyvin. Tunnisteet sijoitettiin lähelle säteilylähdettä, putkilinjaa sekä venttiliä, ja laitteisto ei ottanut häiriötä näistä. Mahdollinen ongelma olisi voinut olla, että metalli tunnisteiden lähellä tai jonkin laitteen muodostama sähkökenttä olisi häirinnyt luku-/kirjoitustapahtumaa. Tämän kokeilun perusteella ei ole epäilystä, ettei laitteisto toimisi myös muilla tehtaan osastoilla tai näytepisteillä.

Tunnisteiden sijoittaminen näytepisteille tullaan tekemään niin, että laitetaan kyltti tai muu vastaava näytepisteeseen lähelle, missä tunniste on kiinni. Myös näytepisteelle tulevaan tunnisteeseen on tarkoitus tulostaa näytepisteiden nimi kyltissä olevan lisäksi. Näin nähdään heti, missä näytepiste on, ja myös tunniste on helposti löydettävissä.

8.6.1 Lukijoiden ohjelmiston esittely

TopTunnisteiden tekemää sovellusta Merlin -lukijalle on esitetty seuraavissa kuvioissa. Laboratorioon tulevan lukijan ohjelmistosta ei ole vastaavaa kuvasarjaa, koska tämä vaatii toimiakseen ajurit ja vain pienen ohjelmiston, joka toimii taustalla. Ohjelma ei ole Merlinin tavoin graafinen sovellus, vaan alareunassa oleva ikoni ilmoittaa vain sen toimimisen ja mahdollistaa laitteen kommunikoinnin USB-portin kautta tietokoneen kanssa.

Kuviossa 15 on esitetty näytepisteiden luominen. Tässä ohjelmisto pyytää käyttäjää syöttämään tekstikenttään halutun sijaintipisteiden nimen. Nimen kirjoittaminen tapahtuu painamalla tekstikenttään ja sen jälkeen syöttämällä teksti joko laitteen omalta näppäimistöltä tai virtuaaliselta näppäimistöltä kosketusnäyttöä käyttäen. Virtuaalinäppäimistö otettaessa esille joudutaan aktivoimaan tekstikenttä uudelleen tekstin syöttämiseksi kenttään. Kun nimi on saatu kirjoitettua, viedään lukija tunnisteiden lukualueelle ja painetaan Luo sijainti-tunniste -näppäintä sovelluksessa tai laitteen omaa Scan-painiketta näppäimistöltä.



KUVIO 15. Sijaintitunnisteen luominen

Kuviossa 16 on esitetty sijaintitunnisteen antama ilmoitus kirjoitustapahtuman onnistumisesta. Vasemmanpuoleisessa ikkunassa ohjelma ilmoittaa että sijaintitunnisteen kirjoitus on onnistunut, ja näyttää alhaalla Sulje-painikkeen päällä viimeisimmän onnistuneen sijaintipisteen nimen. Oikeanpuoleisessa kuvassa vastaavasti ohjelma ilmoittaa, että tunnistetta ei ole kentässä, mikä myös tarkoittaa epäonnistunutta kirjoitusta.



KUVIO 16. Onnistunut ja epäonnistunut sijaintitunnisteen luonti

Kuviossa 17 on esitetty näytepisteen tunnisteelta sijaintitiedon kopioiminen näytepurkkiin kiinnitettyyn tunnisteeseen. Aluksi laite pyytää lukemaan sijaintitunnisteen. Tunnisteen lukeminen tapahtuu aina painamalla Scan -painiketta näppäimistöltä tai näytössä olevaa Lue sijainti/kirjaa näyte -näppäintä. Sijainti -riville ilmestyy viimeisin luettu näytepisteen nimi kun tämä on luettu. Kun näytepisteen tunniste on luettu, luetaan seuraavaksi näytepurkissa oleva tunniste. Kun näytepurkissa oleva tunniste on luettu, ohjelmisto ilmoittaa kirjaamisen onnistumisen tai epäonnistumisen (KUVIO 18) ja onnistuneessa tapauksessa ilmoittaa kirjatun tunnisteen tiedot eli ajan ja näytepisteen Sulje -painikkeen päällä. Tämän jälkeen tunnisteelta voidaan lukea laboratoriossa aikaleima ja näytepisteen nimi SAP-kenttään.

Ohjelmiston toiminnassa on otettu myös huomioon mahdollisen virhekirjoituksen mahdollisuus. Tällä on pyritty estämään vahingollinen tai tarkoituksellinen näytepisteen nimen uudelleen kirjoitus tai muuttaminen kopioitaessa näytepisteen nimeä näytepurkin tunnisteelle.



KUVIO 17. Näytepisteen tunnistetiedon kopiointi sekä näytepurkille kirjoitus



KUVIO 18. Näytekortille kirjoittamisen onnistumis ilmoitus

OBID PRH101-käsilukija toimii kuviossa 11 (s. 53) esitetyn periaatteen mukaisesti, ja vaikkakin laite- ja ohjelmistovalmistaja on eri, laitteella ei tarvitse käyttää erillistä ohjelmaa tunnistetietojen lukemiseksi, vaan ajureiden asennus riittää. Koneen käynnistyessä pieni ohjelma käynnistyy taustalle, jolloin lukija toimii näppäimistöemulaattorina, kun luetaan tunnistetietoja. Tunnistetietoja luettaessa valitaan vain haluttu ikkuna aktiiviseksi, johon tunnistetieto halutaan, ja painetaan lukijan liipaisinta. Tällä samaisella lukijalla voidaan myös hahmotella kirjoittaa sijaintitunnistetietoja, samalla tavalla kuin Merlinin ohjelmalla.

8.6.2 SAP-transaktio

SAP-ohjelmistoon rakennettiin RFID-laitteistoa varten transaktio välilehdelle, joka on esitetty kuviossa 19. Tässä on tekstikentät tunnistetiedolle sekä näytteen saapumisaikaa varten päivä ja kellonaikakentät. Barcode kenttä on tagilta luettavaa tietoa varten, jolloin tulostettavaan lappuun saadaan tagin päivämäärää ja paikkaa vastaavat tiedot viivakoodina.

Sample -tekstikenttä valitaan aktiiviseksi, jolloin siihen voidaan lukea tunnistetieto. Sample -kohtaan luettu RFID-tagin tieto on ohjelmoitu siten, että se erottelee kentästä päivämäärän, kellonajan ja nimen omiin kenttiinsä.

Kun tunnistetieto on syötetty, painetaan Execute with list, tai Direct Processing painiketta. Direct Processing painikkeella etsitään tiedot Sample -kohtaan syötetyn tunnistetiedon perusteella ja Execute with List kohdalla voidaan tulostaa suoraan Sample- kohtaa vastaavat tiedot viivakoodilla. Create Variant kohdalla voidaan luoda uusi näytenpiste muuttuja. Mass Processing kohdasta voidaan vastaavalla tavalla hakea useita tietoja kerralla.

Sample Processing

Direct Processing | Execute with List (F9) | User Defaults | ICP Sequences | Create Variant

Mass Processing | **Single Processing** | Sample Upload | ICP Transfer | Re-Printing

Sample:

Date:

Time:

Barcode (Date, Time):

Post Processing Options

☐ Print

KUVIO 19. SAP-transaktio

8.6.3 Laitteiden opetus käyttäjille

Laitteiden käyttöä opastettiin laboratoriossa sekä liuotossa laitteita käyttäville henkilöille. Lisäksi heille on lähetetty lukijaan liittyvät käyttöohjeet, jotta laitteen toiminta ymmärretään, sekä saadaan apua mahdollisessa ongelmatilanteessa. Käyttöohjeissa on tärkeää selvät ja yksinkertaiset vaiheet laitteen käyttämiseksi.

Laboratoriossa lukijan toiminnassa ei ollut ongelmia käyttäjiä ajatellen, koska erillistä ohjelmaa ei tarvitse käyttää. Suurin haaste on uuden lukijan tullessa asentaa laitteen ohjelmisto ajureiden ja lisenssien kanssa, mutta muita ongelmia ei siinäkään ollut. Lukija on toiminnassa, kun se on tietokoneessa kiinni, ja toimii vasta kun lisenssi on syötetty. Ohjelmiston toimimiseksi laite vaatii myös asennuslevyn asemassa. Näiden vaiheiden jälkeen ohjelma toimii koneen ja ohjelmiston käynnistyttyä. Useaa näytepurkkia luettaessa lukija ilmoittaa äänimerkillä, että luenta ei onnistunut, ja tekstiä ei ilmesty valittuun kenttään.

Merlin-lukijan tunnisteiden kirjoittamisessa selvisi, että päivämäärä ei kirjoittaudu halutulla tavalla näytepurkin tunnisteelle. Luettaessa se laboratorion lukijalla SAP Sample -kenttään, aika on amerikkalaisessa am/pm-muodossa, jolloin ongelmana tässä on se, että ei tiedetä, onko näyte otettu päivällä vai yöllä. Tunnistetieto saadaan siis muodossa 00SAP;20120512023413|. Ongelma saadaan kuitenkin korjattua pienellä koodin muutoksella, mikä vaatii lukijan käytön toimittajalla, tai parhaassa tapauksessa valmistaja lähettää sähköpostilla korjaavan koodin, joka siirretään lukijaan ja laite toimii oikein. Tässä tapauksessa lukija joudutaan lähettämään valmistajalle, koska muutosten tekeminen vaati hieman odotettua enemmän työtä. Samalla saadaan myös testattua että tehdyt muutokset varmasti toimivat.

Lukijan sovelluksiin ja käyttöliittymään liittyviä muita parannuksia ja muutoksia olivat lukijan työpöytä näkymän yksinkertaistaminen ja sen säilyminen asetetulla tavalla käynnistytksen jälkeen. Työpöytä palautui käynnistytksen jälkeen myös samanlaiseen tilaan mikä siihen on tehtaalla asetettu. Valikoiden siirtäminen käyttäjätunnuksen ja salasanan taakse oli myös yksi parannus ehdotus, jolloin valikoissa ei pääse ylimääräiset henkilöt liikkumaan, koska käytettävät ohjelmat eivät sitä vaadi.

Liutossa laitteen ja ohjelmiston esittely meni myös hyvin. Laitteen ohjelman toiminnassa löytyi muutamia ongelmakohtia esiteltäessä näytepisteen luominen sekä näytepurkin tunnistelle kirjoittaminen, mutta niiden paljastuminen alkuvaiheessa on hyvä. Laitteen käytön kouluttaminen käyttäjille tapahtuu kiertämällä kentällä näytteenottajan mukana ja näytämällä kirjoitustapahtumien suorittaminen.

Laitteiston käyttämisestä, toimivasta järjestelmästä ja yksinkertaisesta toimivuudesta tuli positiivista palautetta. Tärkeää opetusvaiheessa on hyvä tuntemus laitteiston toiminnasta ja siitä, miksi sitä ollaan viemässä tehtaalle käytettäväksi. Näin työntekijöiden on myös helpompi hyväksyä muutos ja ottaa se käyttöön, kun laitteen esittely on selvää.

8.7 Järjestelmän laajentaminen muille osastoille

Näytteidenseurantajärjestelmää testattiin nyt pilottihankkeessa, jossa mukana oli vain laboratorio ja yksi osasto. Tarkoitus olisi kuitenkin ottaa RFID-näytteseurantajärjestelmä käyttöön tehtaan kaikissa tuotantotiloissa, ja järjestelmän lopullisessa rakenteessa tulee harkita, valitaanko käytettäväksi pelkästään Ex-tiloissa käytettäviä tunnisteita, koska näytteiden kerääjät joutuvat kulkemaan tehtaan eri osastojen läpi näytekorien kanssa. Vaihtoehtoisesti näytteet kerätään siinä järjestyksessä, että ensin kierretään Ex-alueen näytteet ja sieltä siirytään vaarattomalle alueelle tai sijoitetaan Ex-tilan tunnistheet alueen ulkopuolelle, josta ne luetaan.

Varsinaisen järjestelmän rakentamisessa tullaan kartoittamaan laitteiden tarkempi todellinen määrä ja myös mahdollinen virallinen RFID-kartoitus järjestelmän tarpeesta voitaisiin tehdä. Myös WLAN-kantavuuden mittauksen suorittaminen on harkittavaa jos tekniikkaa päätetään käyttää tunnisteen tiedonsiirtoon. Lukijoiden valinta lopulliseen käyttöön on vielä tehtaan muilta osastoilta auki, koska niissä on olosuhteet huomattavasti paremmat kuin liutossa. Näissä voitaisiin siis käyttää mahdollisesti NFC-puhelimia, jolloin säästettäisiin laitteiden hankinnassa ja niitä voitaisiin helpommin kuljettaa mukana. Tunnisteen osalta tehtaan muilla osastoilla voidaan käyttää samoja tunnisteita kuin liutossa.

8.8 Eri tunnistustekniikoiden käyttö logistiikassa ja varaston hallinnassa

RFID-tekniikkaa voidaan mahdollisesti hyödyntää logistiikassa tuotteiden seurannassa ja tuotevarastossa, jos katsotaan, että sillä saavutetaan jotain lisäarvoa nykyiseen viivakoodijärjestelmään verrattuna. Tällä hetkellä tuotteet kulkevat metallisissa peltipurkeissa, joihin ei voida tavallista RFID-tagia asettaa, koska metallit häiritsevät tunnisteen toimintaa. Tähän soveltuvia tunnisteita on kuitenkin saatavilla, mutta ne ovat hinnaltaan vielä hyvin arvokkaita, ja näin niillä saavutettava hyöty on pieni. Tässä tapauksessa kun tuotteet asetetaan tuotelavoille, itse lavaan voitaisiin asettaa tunnistee, johon voidaan päivittää tuotemääriä sekä asiakkaan tiedot. Myös RFID-lavoja on saatavana aivan tällaisia sovelluksia varten, joissa tunnistee sijaitsee yhdessä välipalasessa tai jossain muualla lavassa. Vastaavalla tavalla voitaisiin hyödyntää RFID-tekniikkaa varaosien tai työkalujen merkitsemiseen, saldojen tarkistamiseen ja ylläpitämiseksi.

Myös erilaisten huoltojen ja ulkopuolisten urakoitsijoiden työnseurantaa voitaisiin tehostaa ja pitää paremmin kirjaa tehdystä huoltotoimenpiteestä huollettavassa kohteessa, jossa voitaisiin lukea paikan päällä, vaikka venttiilissä, kiinni olevasta tunnistesta viimeisimmän huollon tapahtumat. Tunnisteelle voitaisiin tallentaa työn suorittajan nimi tai yritys, tehty työtoimenpide, päiväys ja mahdollisesti myös muuta tietoa. Tällaiseen voitaisiin tehdä valmis sovellus, joka avataan lukijalta, ja aukeaa ikkuna, jota selaamalla saadaan päivitettyä kyseisten kenttien sisältöä. Tätä voitaisiin käyttää myös kiinteistöautomaatiossa, kuten ilmastoinnin huollossa, jolloin voitaisiin nähdä, onko laitteistolle tehty jotain vai laskutako työtä tekevä yritys turhasta.

RFID- ja tavallisen viivakoodin käyttö helpottaisi varastotyöskentelyä huomattavasti, jos sinne voitaisiin ottaa käyttöön jonkinlainen toimiva ratkaisu. Tällä hetkellä ongelmana on riittämätön signaali/laser, eikä esimerkiksi hyllyillä olevia kappaleita voida lukea lattialta suoraan. Laserlukijoilla ei voida myöskään lukea tuotteita suoraan trukin hytistä, sillä laser heijastuu hytin laseista sen verran, että signaali taittuu ja luku epäonnistuu. Pitkän matkan RFID-lukijoilla taas on ongelmana erottelukyky, ja lukijat lukevat kaikki tunnistet signaalialueelta, vaikka tarkoitus olisi lukea jokin tietty tunnistee.

9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä tutkittiin RFID-tekniikan soveltuvuutta näytteenseurantajärjestelmän toteuttamiseksi. Työssä ensimmäisenä kartoitettiin tehdasympäristöä sekä sen asettamia vaatimuksia laitteiston toiminnalle ja kestävyydelle. Tässä vaiheessa myös selvitettiin tulevan laitteen ohjelman mahdollisia toimintakuvauksia.

Kun alustavat olosuhde- ja sovelluskartoitukset saatiin tehtyä, alettiin etsiä sopivia lukijoita ja tunnisteita sekä hankittiin niitä testikäyttöön. Lähtökohtana oli valita lukija standardin ISO 15693 alta, joka toimii HF -taajuusalueella, jolloin saadaan riittävän lyhyt lukuetaisyys. Käytetyn standardin myötä laite on yhteensopiva myös OMG:n Amerikan yksikössä, jos sinne halutaan järjestelmä jossain vaiheessa viedä. Testissä oli myös UHF -alueen lukija standardin ISO 18000 alta, mutta tässä lukuetaisyys on jo liian suuri. Lukija oli lähinnä siksi kokeiltavana, jotta saatiin erilainen käyttöliittymä ja muut ominaisuudet testattua, koska kyseiseltä valmistajalta oli saatavana myös HF -lukija. Tunnisteita ja lukijoita testailtiin ensin sisätiloissa laitteiden testaamiseksi ja tunnisteiden lukuetaisyyden mittaamiseksi ihanteellisissa olosuhteissa.

Myöhemmässä vaiheessa tunnisteita laitettiin kentälle liuottoon kiertämään, jotta nähtiin, kestävätkö tunnistetarrat näissä olosuhteissa ja toimivatko ne vielä tullessaan takaisin laboratorioon. Tunnisteiden lukeminen onnistui hyvin, ja testiympäristö päätettiin tehdä liuoton ja laboratorion välille. Liuotto valittiin kohdeympäristöksi siksi, että se on olosuhteiltaan vaativin ympäristö tehtaalla. Laitteiston vienti kentälle muille näytepisteille jätettiin kuitenkin tehtaan oman henkilöstön tehtäväksi ja hankittu laitteisto simuloitiin sisätiloissa ja kentällä sekä samassa opetettiin sen käyttöä tulevalle käyttäjäkunnalle.

Testiympäristö koostuu paristakymmenestä näytepisteestä, joihin asetetaan kovamuoviset tunnisteet, ja näille kirjoitetaan lukulaitteella näytepisteen nimi. Näytteenottajat kiertävät kentällä hakemassa näytteitä ja lukevat kyseisiltä tunnisteilta paikan ID:n ja tallentavat sen näytepurkin tunnisteelle aikaleiman kanssa. Laboratoriossa vastaavasti henkilökunta lukee näytepurkkien tunnisteet ja lataa tiedot SAP-transaktioon.

Valittu Merlin lukija on ohjelmistoltaan huomattavasti laajempi, ja se rakentuu Windows -käyttöliittymään, joten voidaan olla lähes varmoja ohjelmistokehityksestä ja laitteen kehityksen jatkuvuudesta.

Kaiken kaikkiaan tämä opinnäytetyö onnistui hyvin, ja tätä voidaan alkaa laajentaa haluttaessa muille osastoille. Opinnäytetyön aikana selvisi monia eri vaihtoehtoja käytettäväksi, ja suunnitelmat tämän vuoksi muuttuivat moneen kertaan. Ajankäyttö työssä onnistui hyvin, mitään suurempia ongelmia ei ollut. Eniten aikaa työssä kuitenkin meni laitevaihtoehtojen ja laitteiden toiminnan selvittämiseen sekä toimitusaikaan.

Laitteiston käyttöönotossa huomattiin myös muutamia puutteita Merlin lukijan osalta, jotka toimittaja on luvannut muuttaa. Myös muutamia parannuksia haluttiin tehdä laitteen käyttöympäristöön toiminnan helpottamiseksi.

LÄHTEET

Ahuja, S. & Potti, P. An Introduction to RFID Technology 2010. PDF-dokumentti. Saatavissa

http://www.scirp.org/fileOperation/download.aspx?path=CN20100300005_47213461.pdf&type=journal. Luettu 28.12.2011.

Avery, D. High frequency tags. 2011. WWW-sivu. Saatavissa

<http://www.europe.fasson.com/fre/planets/GBFREHome.nsf/B/DMOS-8D4E5A?OpenDocument&UL=1&UCN=6CC512BB3EB4A4CAC125796B002A2414>.

Luettu 19.12.2011.

Barcode discount, 2011. WWW-sivu. Saatavissa

http://www.clickcat.co.uk/southwestoffice/index.php?mod=catalogue&func=view&productID=RL700S&catalogue_key=BM&product=BROTHER%20RL700S%20RFID%20LABEL%20PRINTER Luettu 19.1.2012.

Barcoding Inc. 2011. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.barcoding.com/rfid/rfid-readers-new.shtml>. Luettu 5.12.2011.

Bunduchi, R. Gerst, M. & Graham, I. Current Issues in RFID standardization. 2005. PDF-dokumentti. Saatavissa <http://www.york.ac.uk/res/e-society/projects/24/interop2005.pdf> . (s.3-5) Luettu 19.12.2011.

Code Corporation. 2009. PDF-dokumentti. Saatavissa

http://codecorp.com/assets/data_sheet/C001563-06-CodeXMLRouter-Datasheet.pdf), Luettu 27.1.2012.

Dressen D. 2004. Atmel Application Journal, PDF-dokumentti. Saatavissa

http://www.atmel.fi/dyn/resources/prod_documents/secref_largemem_3_04.pdf. Luettu 2.12.2011.

Ekström S. 2001. RFID-esite, PDF-dokumentti. Saatavissa

<http://www.exxi.fi/files/file/esitteet/RFIDexxi.pdf>. Luettu 30.11.2011.

Finn-ID, 2012. WWW-Sivu. Saatavissa <http://www.finn-id.fi/> Luettu 6.2.2012.

Forum Nokia. 2011. PDF-dokumentti. Saatavissa

http://www.adafruit.com/datasheets/Introduction_to_NFC_v1_0_en.pdf. Luettu 30.3.2012.

Juels A. & Rivest R. L. & Szydlo M. The Blocker Tag: Selective blocking of RFID tags for consumer privacy. 2003. PDF-dokumentti. Saatavissa

<http://www.rsa.com/rsalabs/staff/bios/ajuels/publications/blocker/blocker.pdf>. Luettu 20.12.2011.

Kallonen, T. 2006. RFID-tekniikan käyttö betonielementtien tunnistamiseen.

Diplomityö.Teknillinen yliopisto. Tietotekniikan osasto. Lappeenranta.
<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/29800/TMP.objres.485.pdf> . Luettu 7.12.2011
 14.

Kuittinen P. 2012. Finn-ID. Tuote-esittely. 6.2.2012

National Institute of Standards and Technology. Guidelines for securing radio frequency identification systems. 2007. PDF-dokumentti. Saatavissa
http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-98/SP800-98_RFID-2007.pdf. Luettu 6.12.2011.

Nordic ID. 2012. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.nordicid.com/en/products/nordic-id-merlin/nordic-id-merlin-hf-rfid.html> Luettu 13.2.2012.

OMG Kokkola Chemicals Oy. Kestävää kemiaa. 2011. WWW-sivu. Saatavissa
<http://www.kip.fi/omg/digipaper/index.html>. Luettu 27.12.2011.

Pepperl+Fuchs Identification Systems Catalogue. 2009. PDF-dokumentti. Saatavissa
http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct0658b_eng.pdf.
 Luettu 2.12.2011.

Pepperl+Fuchs IPT-FP with U-P3-RX manual. 2010. PDF. Saatavissa http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct0109a_eng.pdf Luettu 30.1.2012.

Pepperl+Fuchs IQH1-FP-V1 manual. 2011. PDF-dokumentti. Saatavissa
http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct1554_eng.pdf
 Luettu 30.1.2012.

Pepperl+Fuchs IQT1-HH20 Handheld manual. 2010. PDF-dokumentti. Saatavissa
http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct1301b_eng.pdf
 Luettu 30.1.2012.

Pouri Reijo. 1997. Businesslogistiikka. Helsinki:WSOY. Luettu 16.12.2011.

Radio-Electronics.com. NFC Tags & Tag types. WWW-sivu. Saatavissa
<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/nfc/near-field-communications-tags-types.php>. Luettu 29.3.2012.

Radio-Electronics.com . RFID coupling techniques – backscatter, capacitive, inductive. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/coupling-backscatter-inductive-capacitive.php>. Luettu 9.12.2011.

Radio-Electronics.com. RFID tags, tagging & smartlabels. WWW- sivu. Saatavissa
<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/tags-tagging-transponders-smart-labels.php>. Luettu 6.12.2011.

Radioengineering. 2011 Tag anti-collision algorithm for RFID Systems with minimum overhead information in the identification system. PDF-dokumentti. Saatavissa
http://www.radioeng.cz/fulltexts/2011/11_01_061_068.pdf. Luettu 16.12.2011.

RFID Centre. RFID Technology. 2009. WWW- sivu. Saatavissa http://www.rfidc.com/docs/introductiontorfid_technology.htm. Luettu 6.12.2011.

RFID-NFC. 2010. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfid-nfc.eu/what-is-nfc> Luettu 23.2.2012.

RFIDEA . The truth about RFID. WWW-sivu. Saatavissa http://www.rfidea.com/tech_tags.html. Luettu 6.12.2011.

RFID-Handbook. Frequencies for RFID-systems. 2011a. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfid-handbook.de/rfid/frequencies.html>. Luettu 8.12.2011.

RFID-Handbook. Types of RFID. 2011b. WWW-sivu. Saatavissa http://www.rfid-handbook.de/rfid/types_of_rfid.html. Luettu 7.12.2011.

RFID.Inc. RFID Frequencies tutorial. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfidinc.com/tutorial.html>. Luettu 9.12.2011.

RFID Journal. A Summary of RFID Standards. 2011a. WWW-Sivu. Saatavissa <http://www.rfidjournal.com/article/view/1335>. Luettu 9.12.2011

RFID-Journal. The History of RFID journal. 2010a.WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfidjournal.com/article/view/1338/2>. Luettu 2.12.2011.

RFID-Journal. What is Reader Collision. WWW-sivu. 2010b. Saatavissa <http://www.rfidjournal.com/faq/19/123>. Luettu 7.12.2011

RFID-Journal. What Is RFID? WWW-sivu. 2010c. Saatavissa <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1339/1/129/>. Luettu 2.12.2011.

RFID-Journal. What is Tag Collision. WWW-sivu. 2010d. Saatavissa <http://www.rfidjournal.com/faq/18/70>. Luettu 7.12.2011

RFID Lab Finland ry. Hyödyllisiä termejä. 2011a. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfidlab.fi/hyodyllisia-termeja>. Luettu 29.11.2011.

RFID Lab Finland ry. NFC. 2012a. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfidlab.fi/nfc>. Luettu 23.3.2012.

RFID Lab Finland ry. RFID tekniikan perusteet. 2011b. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-perusteet%20>. Luettu 4.12.2011.

RFID Lab Finland ry. RFID-Standardit. 2012b. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfidlab.fi/rfid-standardit>. Luettu 8.1.2012.

RFID Network. ISO RFID Standards. 2011a. WWW-sivu. Saatavissa <http://rfid.net/basics/186-iso-rfid-standards-a-complete-list>. Luettu 22.12.2011.

RFID Network. RFID Standards 101. 2011b. WWW-sivu. Saatavissa <http://rfid.net/basics/rfid-basics/196-rfid-standards-101->. Luettu 12.1.2012.

RFID Network. NFC. WWW-sivu. 2012. Saatavissa <http://rfid.net/basics/near-field-communication-nfc/197-near-field-communication-part-2>. Luettu 26.3.2012.

RFID Radar. Identifying and locating low cost RFID transponders. 2011. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfid-radar.com/introduc.html> Luettu 30.12.2011.

RFIDReader.com. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.rfidreader.com/>. Luettu 15.12.2011.

Rieback M. Security and Privacy of Radiofrequency identification. 2008. PDF-dokumentti. Saatavissa <http://www.few.vu.nl/~melanie/phd-dissertation.pdf>. Luettu 19.12.2011.

Rinta-Runsala E. & Tallgren M. 2004. RFID-tekniikan hyödyntäminen asiakkuudenhallinnassa. VTT. PDF-dokumentti. Saatavissa <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/rfid-raportti.pdf>. Luettu 30.11.2011.

Sareskoski S. Yleistä tietoa RFID:stä. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.sareskoski.fi/rfid.htm>. Luettu 4.12.2011.

Sensoror. RFID-järjestelmät(Saattomuisti). 2011. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.sensoror.fi/rfid-jarjestelmat-saattomuisti/>. Luettu 9.12.2011.

South West Office Supplies. 2011. WWW-sivu. Saatavissa http://www.clickcat.co.uk/southwestoffice/index.php?mod=catalogue&func=view&productID=RL700S&catalogue_key=BM&product=BROTHER%20RL700S%20RFID%20LABEL%20PRINTER Luettu 19.1.2012.

Tajima M. 2007. Strategic Value of RFID in supply chain management. PDF-dokumentti. Saatavissa <http://www.scopus.com/record/display.url?eid=2-s2.0-38049048284&origin=inward&txGid=pZUfZJxUlz8i6JoeCfBuZZR%3a2>. Luettu 9.12.2011.

Tamtron Solutions Oy. 2011. PDF-dokumentti. Saatavissa <http://www.tamtronsolutions.fi/page/rfid>. Luettu 30.11.2011.

Technovelgy.com. 2011. WWW-sivu. Saatavissa <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=20>. Luettu 19.12.2011.

TopTunniste. NFC-Laitteet. 2012. WWW-Sivu. Saatavissa. <http://www.toptunniste.fi/index.php?id=nfc-devices> Luettu 30.3.2012.

Tukes opas. Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus. 2008. PDF dokumentti. Saatavissa http://www.tukes.fi/tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/atex_rajahdeopas.pdf 19.4.2012.

UPM Raflatac Oy. datalehti. 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa [http://www.upmrfid.com/rfid/images/ShortDipole_G2iL_datasheet.pdf/\\$FILE/ShortDipole_G2iL_datasheet.pdf](http://www.upmrfid.com/rfid/images/ShortDipole_G2iL_datasheet.pdf/$FILE/ShortDipole_G2iL_datasheet.pdf) Luettu 28.2.2012.

X-Check. RFID solutions from Cross-Check. 2010. WWW-Sivu. Saatavissa http://www.x-check.co.uk/RFIDSolutions.htm#What_reader Luettu 30.12.2011.

Yeo J. Cisco Systems. RFID Ready Network. 2005. PDF-tiedosto. Saatavissa http://www.ttc.most.go.th/stvolunteer/UploadClinic/RFID/B1_CISCO_RFID_Network.pdf . Luettu 11.1.2012.

Österman S. Senonor Oy. Tuote-esittely. 2012. RFID-lukijoista ja saattomuisteista. 10.1.2012.